

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-012304
 (43)Date of publication of application : 16.01.1996

(51)Int.CI. C01B 13/11
 H01T 23/00

(21)Application number : 07-047647 (71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP
 (22)Date of filing : 07.03.1995 (72)Inventor : KUZUMOTO MASAKI

TABATA YOICHIRO
 YAGI SHIGENORI
 YOSHIZAWA KENJI
 MUKAI MASAHIRO
 OCHI JUNJI
 OZAWA KENJU

(30)Priority

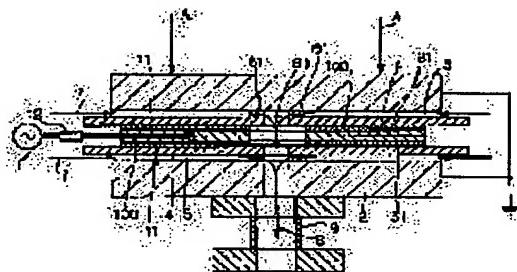
Priority number : 06 92718 Priority date : 28.04.1994 Priority country : JP

(54) OZONIZER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a high efficiency ozonizer that is simple in construction and compact in shape by accurately constituting a very short space length of about 4mm or less.

CONSTITUTION: An electrically conductive layer (electrode) 31 formed of a silver metallized layer of 40 micron thick on one surface of a ceramic plate 4 as a dielectric is electrically connected to a feeding plate 11 connected to a power source 1. A metal spacer 61 is inserted between the ground electrode 2 and a ceramic plate 4 to form a discharge space 5 by the ceramic plate 4 and a ground electrode 2 through the spacer. Oxygen-contg. gas is fed from a gas feeding port 7 at $\geq 1\text{ atm}$, and is ozonized by discharge generated between the electrically conductive layer 31 and the ground electrode 2, and is discharged through a gas discharge pipe 9 in the direction of the arrow 8. Two sets of ozonizer units are installed opposite to each other, and a stress buffer plate (elastic body) 100 having ozone resistance is inserted between the units, and i pressurized by a pressurizing mechanism in the direction of the arrow A to keep the void length in a discharge space 5 constant length of $\leq 4\text{ mm}$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.07.1996
 [Date of sending the examiner's decision of

[rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2983153

[Date of registration] 24.09.1999

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-12304

(43)公開日 平成8年(1996)1月16日

(51)Int.Cl.⁶

C 0 1 B 13/11

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

F

J

M

H 0 1 T 23/00

8835-5G

審査請求 未請求 請求項の数60 O.L (全34頁)

(21)出願番号

特願平7-47647

(22)出願日

平成7年(1995)3月7日

(31)優先権主張番号 特願平6-92718

(32)優先日 平6(1994)4月28日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 萩本 昌樹

尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社中央研究所内

(72)発明者 田畠 要一郎

尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社中央研究所内

(72)発明者 八木 重典

尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社中央研究所内

(74)代理人 弁理士 田澤 博昭 (外2名)

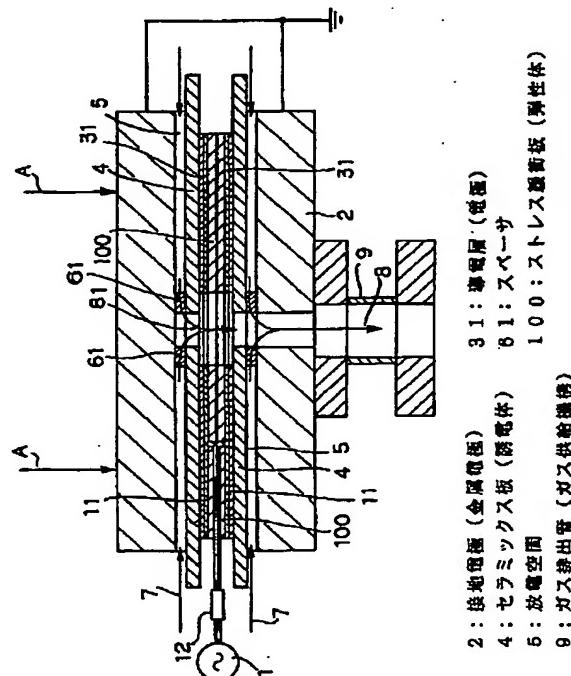
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 オゾン発生装置

(57)【要約】

【目的】 0.2mm程度の極短空隙を精度良く構成し、高効率でコンパクトなオゾン発生装置を提供する。

【構成】 放電空間全域に非放電部を分散配置し、あるいはスペーサにより非放電部を形成し、また、電極背面に弾性体を設けることにより放電空間の空隙精度の向上を図った。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 対向して配置されその間に高電圧が印加されることにより放電を発生せしめる2個の電極と、該電極間に設置される少なくとも1個の誘電体と、前記電極間に酸素を含むガスを供給して前記放電によりオゾンを発生するガス供給機構とを備えた少なくとも1個のオゾン発生ユニットを有するオゾン発生装置において、放電空間のガス圧力が1気圧以上で、該放電空間の放電空隙長が0.4mm以下であることを特徴とするオゾン発生装置。

【請求項2】 対向して配置されその間に高電圧が印加されることにより放電を発生せしめる2個の電極と、該電極間に設置される少なくとも1個の誘電体と、前記電極間に酸素と窒素とを含むガスを供給して前記放電によりオゾンを発生するガス供給機構とを備えた少なくとも1個のオゾン発生ユニットを有するオゾン発生装置において、窒素分率が酸素分率よりも高く、放電空隙長が0.6mm以下である場合に、放電空間のガス圧力pと該放電空間の放電空隙長dとの積p·dを120Torr·cm以上であるようにせしめたことを特徴とするオゾン発生装置。

【請求項3】 対向して配置されその間に高電圧が印加されることにより放電を発生せしめる2個の電極と、該電極間に設置され該電極間を絶縁する少なくとも1個の誘電体と、前記電極間に酸素を含むガスを供給して前記放電によりオゾンを発生するガス供給機構とを備えた少なくとも1個のオゾン発生ユニットを有するオゾン発生装置において、前記オゾン発生ユニットの電極面全域にわたって前記放電の発生しない非放電部を分散配置したことを特徴とするオゾン発生装置。

【請求項4】 前記オゾン発生ユニットの電極が平板状であることを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項5】 前記オゾン発生ユニットの隣り合うユニット同士を互いに逆の向きに積層し、該隣り合うオゾン発生ユニットの隣り合う電極を同一の電位としたことを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項6】 前記2個の電極には、互いに逆相の高電圧が印加されることを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項7】 前記オゾン発生ユニットの電極間で放電の発生する放電部にはほぼ対応した前記誘電体上の領域に導電層を形成し、該導電層を前記電極の少なくとも一方として用いたことを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項8】 前記オゾン発生ユニットの非放電部の面積は、前記放電の発生する放電部の面積の0.5%から120%程度であることを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項9】 前記オゾン発生ユニットの電極の一方を

50

2

接地し、該接地された電極と前記非放電部とを一体的に構成したことを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項10】 前記オゾン発生ユニットの電極の少なくとも一方を金属で形成し、該金属で形成された電極の表面に凸部と凹部とを形成し、該凸部及び凹部により前記非放電部と前記放電を行う放電部とを形成したことを特徴とする請求項9記載のオゾン発生装置。

【請求項11】 前記オゾン発生ユニットの誘電体と前記非放電部とを一体的に構成したことを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項12】 前記オゾン発生ユニットの誘電体の表面に凸部及び凹部を形成し、該凸部及び凹部により前記非放電部と前記放電のための放電空間とを形成したことを特徴とする請求項11記載のオゾン発生装置。

【請求項13】 前記オゾン発生ユニットの電極の表面を切削することにより前記凸部及び凹部を形成することを特徴とする請求項11記載のオゾン発生装置。

【請求項14】 前記オゾン発生ユニットの電極の表面に同種又は異種の材料を堆積することにより前記凸部及び凹部を形成することを特徴とする請求項11記載のオゾン発生装置。

【請求項15】 前記オゾン発生ユニットの誘電体の表面を切削することにより前記凸部及び凹部を形成することを特徴とする請求項12記載のオゾン発生装置。

【請求項16】 前記オゾン発生ユニットの誘電体の表面に同種又は異種の材料を堆積することにより前記凸部及び凹部を形成することを特徴とする請求項12記載のオゾン発生装置。

【請求項17】 前記オゾン発生ユニットの電極の少なくとも一方と、前記非放電部と、前記誘電体とを一体的に形成したことを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項18】 前記オゾン発生ユニットの電極の少なくとも一方は前記誘電体に嵌合せしめられていることを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項19】 前記オゾン発生ユニット中の放電部と前記非放電部とにより前記ガスの通流するガス流路を構成したことを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項20】 前記ガス流路を放射状に構成するよう前記非放電部を配置したことを特徴とする請求項19記載のオゾン発生装置。

【請求項21】 前記ガス流路を螺旋状に構成するよう前記非放電部を配置したことを特徴とする請求項19記載のオゾン発生装置。

【請求項22】 前記非放電部を生じせしめる非放電部材が前記オゾン発生ユニットの電極間で飛び石状に配置されていることを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項23】 前記ガス供給機構が、前記オゾン発生ユニットの電極の中心部から前記ガスを前記電極間に供給し、前記ガス流路に沿って前記電極の外周部へ排出するように構成したことを特徴とする請求項19記載のオゾン発生装置。

【請求項24】 前記ガス供給機構が、前記オゾン発生ユニットの電極の外周部から前記ガスを前記電極間に供給し、前記ガス流路に沿って前記電極の中心部へ排出するように構成したことを特徴とする請求項19記載のオゾン発生装置。

【請求項25】 対向して配置されその間に高電圧が印加されることにより放電を発生せしめる2個の電極と、該電極間に設置され該電極間を絶縁する少なくとも1個の誘電体と、前記電極間に酸素を含むガスを供給して前記放電によりオゾンを発生するガス供給機構とを備えた少なくとも1個のオゾン発生ユニットを有するオゾン発生装置において、前記オゾン発生ユニットの電極間の距離を所定距離以上に保持するスペーサを前記放電のなされる放電空間中に挿入し、該スペーサにより放電のなされない非放電部を形成したことを特徴とするオゾン発生装置。

【請求項26】 前記スペーサが金属であることを特徴とする請求項25記載のオゾン発生装置。

【請求項27】 前記スペーサが誘電体であることを特徴とする請求項25記載のオゾン発生装置。

【請求項28】 前記スペーサが板状であることを特徴とする請求項25記載のオゾン発生装置。

【請求項29】 前記スペーサが糸状であることを特徴とする請求項25記載のオゾン発生装置。

【請求項30】 前記スペーサが前記オゾン発生ユニットの電極面の全域にわたって分散配置されていることを特徴とする請求項25記載のオゾン発生装置。

【請求項31】 対向して配置されその間に高電圧が印加されることにより放電を発生せしめる2個の電極と、該電極間に設置され該電極間を絶縁する少なくとも1個の誘電体と、前記電極間に酸素を含むガスを供給して前記放電によりオゾンを発生するガス供給機構とを備えた少なくとも1個のオゾン発生ユニットを有するオゾン発生装置において、前記オゾン発生ユニットの電極の一方の背面に該電極背面のほぼ全域にわたって弾性体を設けたことを特徴とするオゾン発生装置。

【請求項32】 前記弾性体がバネ体であることを特徴とする請求項31記載のオゾン発生装置。

【請求項33】 前記弾性体が環状のバネ体であることを特徴とする請求項32記載のオゾン発生装置。

【請求項34】 前記弾性体が環状の一部に該弾性体内部の空気を放出する隙間を有していることを特徴とする請求項33記載のオゾン発生装置。

【請求項35】 前記弾性体がコバルト材により形成された弾性体であることを特徴とする請求項32記載のオ

ゾン発生装置。

【請求項36】 前記弾性体が前記誘電体に印加する荷重を q_d としたとき、該荷重 q_d は、前記電極のヤング率を E_d 、該電極の厚みを t_d 、前記誘電体のヤング率を E_s 、該誘電体の厚みを t_s 、前記電極に掛かる圧力差を q_0 としたとき、次の式を満足するようにせじめたことを特徴とする請求項31記載のオゾン発生装置。

$$q_d = q_0 \times (E_d / E_s) \times (t_d / t_s)^3$$

【請求項37】 前記弾性体は、バネ定数 k (kgf/mm) のn個のバネ体により構成され、該バネ体が1mm圧縮したとき、Sを前記電極の表面の面積、前記電極のヤング率を E_d 、該電極の厚みを t_d 、前記誘電体のヤング率を E_s 、該誘電体の厚みを t_s 、前記電極に掛かる圧力差を q_0 として、前記弾性体が前記誘電体に印加する荷重 q_d が次の式を満足する値であるとしたときに、 $q_d \times S = n k l$ の関係式を前記各値が満足するようにせじめたことを特徴とする請求項32記載のオゾン発生装置。

$$q_d = q_0 \times (E_d / E_s) \times (t_d / t_s)^3$$

【請求項38】 前記弾性体を耐オゾン性を有する素材により構成したことを特徴とする請求項31記載のオゾン発生装置。

【請求項39】 前記弾性体の一部または全部の表面にフッ素樹脂を塗布したことを特徴とする請求項31記載のオゾン発生装置。

【請求項40】 前記弾性体を全体としてフッ素樹脂により構成したことを特徴とする請求項31記載のオゾン発生装置。

【請求項41】 前記弾性体がエチレンプロピレンゴムであることを特徴とする請求項31記載のオゾン発生装置。

【請求項42】 前記電極と前記弾性体とをモールド加工により形成したことを特徴とする請求項31記載のオゾン発生装置。

【請求項43】 前記弾性体の面積は前記電極の面積よりも小さく、かつ該弾性体を同電位の電極により囲繞したことを特徴とする請求項31記載のオゾン発生装置。

【請求項44】 対向して配置されその間に高電圧が印加されることにより放電を発生せしめる2個の電極と、該電極間に設置され該電極間を絶縁する少なくとも1個の誘電体と、前記電極間に酸素を含むガスを供給して前記放電によりオゾンを発生するガス供給機構とを備えた複数のオゾン発生ユニットを積層し、該積層したオゾン発生ユニットの複数の積層面間に1個の割合で弾性体を間挿したことを特徴とするオゾン発生装置。

【請求項45】 対向して配置されその間に高電圧が印加されることにより放電を発生せしめる2個の電極と、該電極間に設置され該電極間を絶縁する少なくとも1個の誘電体と、前記電極間に酸素を含むガスを供給して前記放電によりオゾンを発生するガス供給機構とを備えた

5

複数のオゾン発生ユニットを積層し、該積層したオゾン発生ユニットのそれぞれの位置を設定する支持柱を設けたことを特徴とするオゾン発生装置。

【請求項46】 前記支持柱は籠形であることを特徴とする請求項45記載のオゾン発生装置。

【請求項47】 剛体により形成され接地された第一の電極と、該第一の電極に対向し、誘電体薄板により形成され高電圧の印加される第二の電極と、前記第一の電極と第二の電極の間に間挿され該両電極の間隔を保持するためのスペーサとを備えた複数のオゾン発生ユニットを有し、該オゾン発生ユニット間の少なくとも1カ所に弹性体を間挿し、該弹性体により前記オゾン発生ユニットを加圧せしめたことを特徴とするオゾン発生装置。

【請求項48】 対向して配置されその間に高電圧が印加されることにより放電を発生せしめる2個の電極と、該電極間に設置され該電極間を絶縁する少なくとも1個の誘電体と、前記電極間に酸素を含むガスを供給して前記放電によりオゾンを発生するガス供給機構とを備えた少なくとも1個のオゾン発生ユニットを有するオゾン発生装置において、前記オゾン発生ユニットの電極を冷却する冷媒を通流させるための冷媒通流機構を該電極の少なくとも一方に隣接して配置したことを特徴とするオゾン発生装置。

【請求項49】 対向して配置されその間に高電圧が印加されることにより放電を発生せしめる2個の電極と、該電極間に設置され該電極間を絶縁する少なくとも1個の誘電体と、前記電極間に酸素を含むガスを供給して前記放電によりオゾンを発生するガス供給機構とを備えた少なくとも1個のオゾン発生ユニットを有するオゾン発生装置において、前記オゾン発生ユニットの前記電極の少なくとも一方が、該オゾン発生ユニットを積層したときに隣り合って積層されたオゾン発生ユニットの電極とともに、前記オゾン発生ユニットの電極間及び隣り合つて積層されたオゾン発生ユニットのみに前記ガスを流动させる密閉空間を形成することを特徴とするオゾン発生装置。

【請求項50】 前記オゾン発生ユニットを収納する容器を設け、該容器は該容器を摺動させる摺動手段を具備したことを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項51】 対向して配置されその間に高電圧が印加されることにより放電を発生せしめる2個の電極と、該電極間に設置され該電極間を絶縁する少なくとも1個の誘電体と、前記電極間に酸素を含むガスを供給して前記放電によりオゾンを発生するガス供給機構とを備えた少なくとも1個のオゾン発生ユニットを有するオゾン発生装置において、前記放電の発生しない非放電部を互い違いに交差した2組の櫛歯状に設けたことを特徴とするオゾン発生装置。

【請求項52】 前記電極の少なくとも一方の電極には冷却水を流通させるための水路が形成されていることを

6

特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項53】 前記水路は、その一部が他の部分に比して断面積が小さく形成されていることを特徴とする請求項52記載のオゾン発生装置。

【請求項54】 前記水路は、その一部に気泡を除去するためのバイパスが形成されていることを特徴とする請求項52記載のオゾン発生装置。

【請求項55】 前記電極の少なくとも一方の電極には該電極を移動せしめる移動手段が設けられていることを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項56】 前記電極の少なくとも一方の電極に、前記誘電体の位置を設定する位置決め手段が設けられていることを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項57】 前記電極の少なくとも一方の電極に、前記スペーサを係止する凹部を設け、該スペーサの一部に前記電極の凹部に嵌合する嵌合部を形成したことを特徴とする請求項25記載のオゾン発生装置。

【請求項58】 前記電極の少なくとも一方の電極は、熱伝導率の低い2枚の金属板で熱伝導率の高い金属を挟持して構成したことを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項59】 前記電極の一方が他方の電極及び前記誘電体をその中に収容する空間を構成し、該収容された他方の電極に高電圧を供給する給電端子を設けたことを特徴とする請求項3記載のオゾン発生装置。

【請求項60】 前記オゾン発生ユニットの電極の一方の背面の前記スペーサの設置位置に対応する位置に弹性体を設けたことを特徴とする請求項25記載のオゾン発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、オゾン発生装置、特に高濃度オゾンを高効率で発生することの可能なオゾン発生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図47は例えば「オゾナイザハンドブック」(電気学会オゾナイザ専門委員会編、昭和35年、コロナ社刊)249頁に示されたOtto-Plate(オットー・プレート)型と呼ばれる従来のオゾン発生装置と同一のものを示す断面図(同図(1))及び左半分の正面図

(同図(2))であり、図において、1は電源、2は接地された金属電極、3は接地電極2に對向して設けられ、電源1に接続され高電圧の印加された高圧電極、4は接地電極2および高圧電極3の表面に置かれた誘電体(ガラス板)、5は放電の発生する放電空間、6は放電空間5を形成するための電気絶縁性(誘電体)スペーサである。7、8はそれぞれガスの供給口及び排出口を示す矢印、9はオゾン化ガスの排出管である。また、図48は、たとえば、S. D. Razumovskii 他著「Ozone and its reactions with organic compounds(オゾンと有機化

合物を用いたその反応)」ELSEVIER社刊(1984年)に示されるLowther Plate(ローチー・プレート)型と呼ばれるオゾン発生装置を示す断面図(同図(1))及び同図(1)のA-A断面図(同図(2))である。図において、図47と同様の機能を持つ部分には、同一の図番を付けてその説明を省略する。41は接地電極2、3上面にコーティングされたセラミックス層であり、ガラス板4と同様の機能をもつ。

【0003】次に動作について説明する。従来のオゾン発生装置は接地電極2、高圧電極3、誘電体板4の中央部にはガス排出用の穴があけられている。上述のオットー・プレート型の文献にはスペーサ6に関する記述はないが、実際には図47に示すように、誘電体4、4の間隔(空隙長)を保持するため、ガスの流入を邪魔しないような形で放電空間5の周囲に電気絶縁性のスペーサが設置されている。酸素を含む原料ガスはオゾン発生装置の周辺部全周から矢印7の方向に導入され、電源装置1によって高電圧が印加されて放電している放電空間5を通過する際に酸素の一部がオゾンとなり、このオゾンを含むガスがオゾン化ガスとして中央部のガス排出管9を通して矢印8の方向に取り出される。

【0004】前記放電空間5では放電による発熱があるため、該放電空間5を通過するガスを有効に冷却しないと放電空間5内のガス温度が上昇し、オゾンの発生量が減少する。そのため、接地電極2および高圧電極3は絶縁オイルなど電気絶縁性の液体で冷却し、ガス温度の上昇を抑えている。

【0005】図48のオゾン発生装置も基本構成は図47のオゾン発生装置と同様である。ただし、ガスの供給口及び排出口が別途設けられており、図に示す方向にガスが流れる点で図47のオゾン発生装置と異なる。また、図48のオゾン発生装置では電気絶縁性(例えばシリコン製)のスペーサ6が図示されており、このスペーサ6が電極2、3間の間隔(空隙長)を保持し、さらにガスが放電空間から漏れださないためのシール材として用いられている。

【0006】以下、上記従来のオゾン発生装置の特性を図49乃至図52にしたがって説明する。図49~図52の各図中、 Q_N は原料ガスの流量(STP換算)、Wは放電電力、 C_{O_3} は放電部のガス排出口におけるオゾン濃度(STP換算)、 T_w は冷却水の温度、dは放電空隙長、Sは電極2、3間の放電面積、 η はオゾン収率を表す。 W/Q_N はガス1分子あたりに消費される放電電力であり、オゾン発生特性の重要なパラメータになる。W

/Sは電極2、3間の放電空間の単位面積あたりの放電電力(電力密度)であり、ガス温度を反映するパラメータである。オゾン収率 η は単位放電電力あたりのオゾン発生量であり、 $\eta = C_{O_3} / (W/S)$ となる。オゾン発生装置の性能(コンパクト性、効率)としては、 η およびW/Sが大きいほうが望ましく、 C_{O_3} も大きいほうがよい。

【0007】図49は電力密度W/Sおよび放電空隙長dを一定として冷却水温を変化させた場合の分子あたり消費電力W/Q_Nとオゾン濃度C_{O_3}の関係を示したものである。前述のように分子あたり消費電力W/Q_Nはオゾン発生に関する基本的パラメータであり、該消費電力W/Q_Nの増大とともにオゾン収率 η は低下する。

(図中の直線はオゾン収率 η が一定の線を示し、上方にある直線ほどオゾン収率 η が大きい。)また、消費電力W/Q_Nが小さいところでは冷却水温度T_wの影響が小さいが、消費電力W/Q_Nが大きくなると冷却水温度T_wが低いほどオゾン濃度C_{O_3}(従ってオゾン収率 η)が大きくなる。すなわち、高濃度のオゾンを得るために20は、冷却水温を低く設定し、ガス温度を低く保つことが重要となる。

【0008】図50は冷却水温度T_wおよび放電空隙長dを一定として、電力密度W/Sを変化させた場合の消費電力W/Q_Nとオゾン濃度C_{O_3}の関係を示したものである。電力密度W/Sが大きくなることは上記図49で冷却水温T_wが高くなるのと同様の効果をもっていることがわかる。電力密度W/Sが大きくなるのも、冷却水温度T_wが高くなるのも、放電空間5のガス温度上昇に対して同様の効果をもつからである。

【0009】図51は冷却水温度T_wおよび電力密度W/Sを一定として放電空隙長dを0.8mmから1.6mmまで変化させた場合の消費電力W/Q_Nに対するオゾン濃度C_{O_3}を示したものである。放電空隙長dの増加も冷却水温T_wの上昇と良く似た効果をもつ。

【0010】ここで、放電空間の平均ガス温度 θ_{av} を式(1)のように定義すると、電極の片側のみ冷却した場合のオゾン発生装置の放電空間の平均ガス温度は式(2)となる。ただし、xは空隙方向の距離、dは放電空隙長、 $\theta(x)$ は距離xでのガス温度、k_aはガスの熱伝導率、T_wは冷却水温を表す。また、電極の両側を冷却した場合には式(3)となる。

【0011】

【数1】

$$\theta_{av} \equiv \frac{1}{d} \int_0^d \theta(x) dx \quad (1)$$

$$\theta_{av} \equiv \frac{1}{d} \int_0^d \theta(x) dx = \frac{W/S}{3k_a} d + T_a \quad (2)$$

$$\theta_{av} \equiv \frac{1}{d} \int_0^d \theta(x) dx = \frac{W/S}{12k_a} d + T_a \quad (3)$$

【0012】上式(1)～(3)より、電極の冷却方式によって係数は異なるものの、平均ガス温度 θ_{av} は放電電力密度W/Sおよび空隙長dに比例することがわかる。すなわち、同一の大きさの電力を投入しても、空隙長dを短く設定すれば、平均ガス温度 θ_{av} を低く抑えることができ、図51のd=0.8mmの時のように高濃度オゾンが得られる。ところが、空隙長dをあまり短く設定すると、複数のオゾン発生ユニットを多段に構成したとき、各オゾン発生ユニットの放電空間の空隙長dのばらつきが大きくなる。したがって、各放電空間に流れるガス流量 Q_N がばらつき、さらに各放電空間に投入される放電電力Wもばらつくため、等価的な消費電力W/Q_Nが増加し、図49から図51に示すようにオゾンの発生効率が低下する。また図52に示すように、空隙長dをあまり小さくするとオゾンの励起効率自体が低下してしまうことが知られている。図52は、「J. Phys. (物理学会誌)」B38(1988)のCzechの論稿(同誌648頁, Fig.7)から転載した図であり、横軸は空隙長、縦軸はオゾン発生効率である。○, +によりそれぞれ空気と酸素を原料ガスにしたときの結果を示している。該論文ではオゾン発生に関して最適な空隙長は0.8mmから1.1mm程度であるとされている(645頁, 第1行)。特に0.6mm程度以下の短空隙での励起効率の低下が強調されている。したがって、従来のオゾン発生装置は、空隙長dが0.8mmから1.5mmの範囲で使用され、熱的問題は電力密度W/Sの小さい領域で使用することにより回避していた。すなわち、装置を大きく構成し、放電面積を大きく設計することにより、オゾンの発生効率を高くしていた。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】従来のオゾン発生装置は以上のように構成されているので、放電空間のガス温度を低く保つために、オゾン発生装置を大きく構成し、放電面積Sを大きくすることによって、電力密度W/Sを低く抑える必要があるなどの問題点があった。

【0014】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、第1に、0.6mm程度のごく短い空隙長を精度よく構成することができ、ガスの冷却能力が高く、構造が簡単で、かつ形状がコンパクト

で、高濃度のオゾンを得ることのできるオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0015】第2に、部品点数が少なく製作が容易で安価なオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0016】第3に、オゾンの発生効率が良く、大容量のオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0017】第4に、水漏れの虞れのある場合やガス流路での圧力損失を低く抑える必要がある場合にも適したオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0018】第5に、耐久性の良いオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0019】第6に、電極の組み入れ、点検、交換等の各作業が容易なオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0020】第7に、ガス漏れの発生することのないオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0021】第8に、各オゾン発生ユニットの電極設置の位置決めが容易で、メンテナンスも短時間で行うことのできるオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0022】第9に、各オゾン発生ユニットの組み立て作業が容易で本体内の水漏れの危険性の少ないオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0023】第10に、オゾン発生ユニットを積層して多段に構成する場合に、積層したオゾン発生ユニットを収納する容器を格別に設けなくとも該オゾン発生ユニット中を流動するガスが漏れることのないオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0024】第11に、冷却能力に優れ、安価で軽量なオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0025】第12に、複数のオゾン発生ユニットを水平方向に積層する場合にも容易に電極間にスペーサを取り付けることのできる組立の容易なオゾン発生装置を得ることを目的とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係るオゾン発生装置は、放電空間のガス圧力を1気圧以上、放電空隙長を0.4mm以下にしたものである。

【0027】請求項2の発明に係るオゾン発生装置は、放電空隙長を0.6mm以下、該放電空隙長dとガス圧力

11

p との積 $p d$ を $120 \text{ Torr} \cdot \text{cm}$ 以上にしたものである。
【0028】請求項3の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの放電空間全域に非放電部を分散配置したものである。

【0029】請求項4の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの電極を平板状にしたものである。

【0030】請求項5の発明に係るオゾン発生装置は、隣り合うユニット同士を互いに逆の向きに積層し、該隣り合うオゾン発生ユニットの隣り合う電極を同一の電位としたものである。

【0031】請求項6の発明に係るオゾン発生装置は、2個の電極に、互いに逆相の高電圧を印加するようにしたものである。

【0032】請求項7の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの放電部に対応した領域に導電層を形成し、該導電層を少なくとも一方の電極として用いたものである。

【0033】請求項8の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの非導電部の面積を放電部の面積の0.5%から120%程度としたものである。

【0034】請求項9の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの接地電極と非導電部とを一体的に構成したものである。

【0035】請求項10の発明に係るオゾン発生装置は、金属電極の表面に形成した凸部と凹部により非導電部と導電部とを形成したものである。

【0036】請求項11の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの誘電体と非放電部とを一体的に構成したものである。

【0037】請求項12の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの誘電体の表面に形成した凸部及び凹部により非放電部と放電空間とを形成したものである。

【0038】請求項13の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの電極の表面を切削することにより凸部及び凹部を形成したものである。

【0039】請求項14の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの電極の表面に同種又は異種の材料を堆積することにより凸部及び凹部を形成したものである。

【0040】請求項15の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの誘電体の表面を切削することにより凸部及び凹部を形成したものである。

【0041】請求項16の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの誘電体の表面に同種又は異種の材料を堆積することにより凸部及び凹部を形成したものである。

【0042】請求項17の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの電極の少なくとも一方と、非放電部と、誘電体とを一体的に形成したものである。

【0043】請求項18の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの電極の少なくとも一方を誘電体に嵌合したものである。

【0044】請求項19の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニット中の放電部と非放電部とによりガス流路を構成したものである。

【0045】請求項20の発明に係るオゾン発生装置は、ガス流路を放射状に構成するように非放電部を配置したものである。

【0046】請求項21の発明に係るオゾン発生装置は、ガス流路を螺旋状に構成するように非放電部を配置したものである。

【0047】請求項22の発明に係るオゾン発生装置は、非放電部を生じせしめる非放電部材をオゾン発生ユニットの電極間で飛び石状に配置したものである。

【0048】請求項23の発明に係るオゾン発生装置は、ガス供給機構が、オゾン発生ユニットの電極の中心部からガスを電極間に供給し、ガス流路に沿って電極の外周部へ吐出するように構成したものである。

【0049】請求項24の発明に係るオゾン発生装置は、ガス供給機構が、オゾン発生ユニットの電極の外周部からガスを電極間に供給し、ガス流路に沿って電極の中心部へ吐出するように構成したものである。

【0050】請求項25の発明に係るオゾン発生装置は、スペーサを放電空間中に挿入し、該スペーサにより放電のなされない非放電部を形成したものである。

【0051】請求項26の発明に係るオゾン発生装置は、スペーサを金属で構成したものである。

【0052】請求項27の発明に係るオゾン発生装置は、スペーサを誘電体で構成したものである。

【0053】請求項28の発明に係るオゾン発生装置は、スペーサを板状に構成したものである。

【0054】請求項29の発明に係るオゾン発生装置は、スペーサを糸状に構成したものである。

【0055】請求項30の発明に係るオゾン発生装置は、スペーサをオゾン発生ユニットの電極面の全域にわたって分散配置したものである。

【0056】請求項31の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの電極の一方の背面に該電極背面のほぼ全域にわたって弾性体を設けたものである。

【0057】請求項32の発明に係るオゾン発生装置は、弾性体としてバネ体を用いたものである。

【0058】請求項33の発明に係るオゾン発生装置は、弾性体として環状のバネ体を用いたものである。

【0059】請求項34の発明に係るオゾン発生装置は、弾性体が、環状の一部に該弾性体内部の空気を放出する隙間を有しているものである。

【0060】請求項35の発明に係るオゾン発生装置は、弾性体がコバルト材により形成された弾性体であるものである。

【0061】請求項36の発明に係るオゾン発生装置は、弾性体が誘電体に印加する荷重を q_d としたときに、該荷重 q_d が、電極のヤング率を E_d 、該電極の厚みを t_d 、前記誘電体のヤング率を E_s 、該誘電体の厚みを t_s 、前記電極に掛かる圧力差を q_0 としたとき、次の式を満足するものである。

$$q_d = q_0 \times (E_d / E_s) \times (t_d / t_s)^3$$

【0062】請求項37の発明に係るオゾン発生装置は、弾性体がバネ定数 k (kgf/mm)のn個のバネ体により構成され、該バネ体が1mm圧縮したとき、Sを電極の表面の面積、該電極のヤング率を E_d 、該電極の厚みを t_d 、誘電体のヤング率を E_s 、該誘電体の厚みを t_s 、前記電極に掛かる圧力差を q_0 としたとき、弾性体が誘電体に印加する荷重 q_d が次の式を満足する値であるときに、 $q_d \times S = n k l$ の関係式が成立しているものである。

$$q_d = q_0 \times (E_d / E_s) \times (t_d / t_s)^3$$

【0063】請求項38の発明に係るオゾン発生装置は、前記弾性体を耐オゾン性を有する素材により構成したものである。

【0064】請求項39の発明に係るオゾン発生装置は、弾性体の一部または全部の表面にフッ素樹脂を塗布したものである。

【0065】請求項40の発明に係るオゾン発生装置は、弾性体を全体としてフッ素樹脂により構成したものである。

【0066】請求項41の発明に係るオゾン発生装置は、弾性体をエチレンプロピレンゴムで構成したものである。

【0067】請求項42の発明に係るオゾン発生装置は、電極と弾性体とをモールド加工により形成したものである。

【0068】請求項43の発明に係るオゾン発生装置は、弾性体の面積を電極の面積より小さくし、かつ該弾性体を同電位の電極により囲繞したものである。

【0069】請求項44の発明に係るオゾン発生装置は、積層したオゾン発生ユニットの複数の積層面間に1個の割合で弾性体を間挿したものである。

【0070】請求項45の発明に係るオゾン発生装置は、積層したオゾン発生ユニットのそれぞれの位置を設定する支持柱を設けたものである。

【0071】請求項46の発明に係るオゾン発生装置は、支持柱が籠形であるものである。

【0072】請求項47の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニット間の少なくとも1カ所に弾性体を間挿し、該弾性体により前記オゾン発生ユニットを加圧せしめたものである。

【0073】請求項48の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの電極を冷却する冷媒を通流させるための冷媒通流機構を該電極の少なくとも一方に隣

接して配置したものである。

【0074】請求項49の発明は、オゾン発生ユニットの電極の少なくとも一方が、該オゾン発生ユニットを積層したときに隣り合って積層されたオゾン発生ユニットの電極とともに、前記オゾン発生ユニットの電極間及び隣り合って積層されたオゾン発生ユニットのみに前記ガスを流動させる密閉空間を形成するものである。

【0075】請求項50の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットを収納する容器を設け、該容器は該容器を摺動させる摺動手段を具備したものである。

【0076】請求項51の発明に係るオゾン発生装置は、放電の発生しない非放電部を互い違いに交差した2組の歯状に設けたものである。

【0077】請求項52の発明に係るオゾン発生装置は、少なくとも一方の電極には冷却水を流通させるための水路が形成されているものである。

【0078】請求項53の発明に係るオゾン発生装置は、水路の一部が他の部分に比して断面積が小さく形成されているものである。

【0079】請求項54の発明に係るオゾン発生装置は、水路の一部に気泡を除去するためのバイパスが形成されているものである。

【0080】請求項55の発明に係るオゾン発生装置は、少なくとも一方の電極に該電極を移動せしめる移動手段が設けられているものである。

【0081】請求項56の発明に係るオゾン発生装置は、少なくとも一方の電極に、誘電体の位置を設定する位置決め手段が設けられているものである。

【0082】請求項57の発明に係るオゾン発生装置は、少なくとも一方の電極に、スペーサを保止する凹部を設け、該スペーサの一部に前記電極の凹部に嵌合する嵌合部を形成したものである。

【0083】請求項58の発明に係るオゾン発生装置は、少なくとも一方の電極は、熱伝導率の低い2枚の金属板で熱伝導率の高い金属を挟持して構成したものである。

【0084】請求項59の発明に係るオゾン発生装置は、電極の一方が他方の電極及び誘電体をその中に収容する空間を構成し、該収容された他方の電極に高電圧を供給する給電端子を設けたものである。

【0085】請求項60の発明に係るオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの電極の一方の背面のスペーサの設置位置に対応する位置に弾性体を設けたものである。

【0086】

【作用】請求項1の発明におけるオゾン発生装置は、ガス圧力 p を1気圧以上、放電空隙長 d を0.4mm以下に設定してあるため、換算電界の大きな、即ち電子エネルギーの大きな放電が実現できる。そのため、低エネルギーによるオゾン分解を抑えることができ、非常に高

15

濃度のオゾンを得ることができる。

【0087】請求項2の発明におけるオゾン発生装置は、放電空隙長dを0.6mm以下、該放電空間の空隙長dとガス圧力pとの積pdを120Torr·cm以上に設定してあるため、放電空隙長が短い場合でも、窒素酸化物NO_xの生成を抑えることができ、窒素分圧の高い原料ガスを用いても、高効率なオゾン生成を実現することができる。

【0088】請求項3の発明におけるオゾン発生装置は、非放電部が放電空間全域にわたって分散配置されているので、均一で超短空隙の放電空間が実現でき、それにより高効率にガスを冷却でき、オゾンの熱的分解反応を抑えることができる。また、オゾン発生ユニットを複数個用いることにより大容量のオゾン発生装置を構成した場合、空隙精度が良いため、各放電空間に流れるガス流量、各放電空間に投入される放電電力にばらつきがなく、高効率な大容量のオゾン発生装置を実現することができる。

【0089】請求項4の発明におけるオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの電極が平板状であるため、均一で超短空隙の放電空間を極めて容易に形成することができる。

【0090】請求項5の発明におけるオゾン発生装置は、隣り合うオゾン発生ユニットが逆向きに積層され、隣り合う電極が同一電位とされているので、構造が簡単でコンパクトなオゾン発生装置が得られる。

【0091】請求項6の発明におけるオゾン発生装置は、2個の電極に逆相の高電圧を印加して放電のための電界を形成するので、アースとの絶縁距離を半減することができ、一層コンパクトな形状のオゾン発生装置を実現できる作用を奏する。

【0092】請求項7の発明におけるオゾン発生装置は、放電空間にのみ電圧が印加され非放電部には給電されないため、非放電部を誘導電流が流れることなく、上記作用のほかに効率的に電力を放電部に注入できる作用を奏する。

【0093】請求項8の発明におけるオゾン発生装置は、非放電部の面積が放電部の面積の0.5%~120%程度であるので、10%以上オゾンの発生効率が高くなる作用を奏する。

【0094】請求項9の発明におけるオゾン発生装置は、電極と非導電部とを一体的に構成したので、部品点数が少なく、製作が容易で安価なオゾン発生装置が得られる。

【0095】請求項10の発明におけるオゾン発生装置は、金属電極の表面に凸部と凹部とを形成することにより放電部と非放電部とを形成したので、部品点数が少なく、製作が容易で安価なオゾン発生装置が得られる。

【0096】請求項11の発明におけるオゾン発生装置は、誘電体と非放電部とを一体的に構成したので、部品

10

点数が少なく、製作が容易で安価なオゾン発生装置が得られる。

【0097】請求項12の発明におけるオゾン発生装置は、誘電体の表面に凸部及び凹部を形成することにより非放電部と放電空間とを形成するので、部品点数が少なく、製作が容易で安価なオゾン発生装置が得られる。

【0098】請求項13の発明におけるオゾン発生装置は、電極表面を切削することにより凸部及び凹部を形成するので、加工が容易で部品点数の少ない安価なオゾン発生装置が得られる。

【0099】請求項14の発明におけるオゾン発生装置は、電極の表面に同種又は異種の材料を堆積することにより凹部及び凸部を形成するので、加工が容易で部品点数の少ない安価なオゾン発生装置が得られる。

【0100】請求項15の発明におけるオゾン発生装置は、誘電体の表面を切削することにより凸部及び凹部を形成するので、加工が容易で部品点数の少ない安価なオゾン発生装置が得られる。

【0101】請求項16の発明におけるオゾン発生装置は、誘電体の表面に同種又は異種の材料を堆積することにより凹部及び凸部を形成するので、加工が容易で部品点数の少ない安価なオゾン発生装置が得られる。

【0102】請求項17の発明におけるオゾン発生装置は、電極、非放電部及び誘電体を一体的に形成したので、部品点数が少なく、製作が容易で安価なオゾン発生装置が得られる。

【0103】請求項18の発明におけるオゾン発生装置は、電極を誘電体に嵌合して製作するので、上記作用のほかに、電極の位置精度を上げることができると作用を奏する。

【0104】請求項19の発明におけるオゾン発生装置は、放電部と非放電部とによりガス流路を構成したので、超短空隙の放電空間が実現でき、高効率にガスを冷却でき、オゾンの熱的分解反応を抑えることができる。

【0105】請求項20の発明におけるオゾン発生装置は、ガス流路を放射状に構成したので、均一で超短空隙の放電空間が実現でき、高効率にガスを冷却でき、オゾンの熱的分解反応を抑えることができる。

【0106】請求項21の発明におけるオゾン発生装置は、ガス流路が螺旋状に構成されているので、上記作用の他にガスの流れが均一化される作用も奏する。

【0107】請求項22の発明におけるオゾン発生装置は、非放電部材が飛び石状に配置されているので、均一で超短空隙の放電空間が実現でき、高効率にガスを冷却でき、オゾンの熱的分解反応を抑えることができる。

【0108】請求項23の発明におけるオゾン発生装置は、ガスを中心部から供給し、外周部に排出するように構成したので、ガス流路を低圧力損失で構成することができ、また水漏れがあつても放電空間の水分量が増加せず、オゾン発生効率が低下しない。

17

【0109】請求項24の発明におけるオゾン発生装置は、ガスがオゾン発生ユニットの外周部から中心部に向かって流れるので、上記作用のほかに、ガス下流域で比較的低圧力損失となり、また、放電空間の水分量が増加する事なく、従って水漏れの虞れのある場合やガス流路の圧力損失を低く抑える必要がある場合に好適な作用を奏する。

【0110】請求項25の発明におけるオゾン発生装置は、スペーサにより非放電部を形成しているので、オゾン発生ユニットの電極間の空隙精度が良好に保たれると共に、放電空間を自由に画定でき、均一で超短空隙の放電空間を実現できる。従って、コンパクトな形状で高濃度のオゾンを発生できる。

【0111】請求項26の発明におけるオゾン発生装置は、スペーサを金属としたので、十分な剛性を確保でき、空隙長精度を高くできると同時に、その導電性を利用して放電部と非放電部とを容易に形成できる。

【0112】請求項27の発明におけるオゾン発生装置は、スペーサを誘電体としたので、その非導電性を利用して放電部と非放電部とを容易に形成できる。

【0113】請求項28の発明におけるオゾン発生装置は、スペーサを板状としたので、容易に精度の高い空隙長を形成できる。

【0114】請求項29の発明におけるオゾン発生装置は、スペーサを糸状としたので、安価に任意の長さの空隙長が形成できる。

【0115】請求項30の発明におけるオゾン発生装置は、スペーサが電極面の全域に分散配置されているので、均一で超短空隙長の放電空間を実現できる。

【0116】請求項31の発明におけるオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの電極の一方の背面に該電極背面のほぼ全域にわたって弾性体が設けられているので、誘電体の破壊、放電空間の空隙精度の低下を未然に防止でき、安定したオゾン発生装置が実現できる。

【0117】請求項32の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体がバネ体であるので、安価で、取り付け、交換の容易な弾性体を提供できる。

【0118】請求項33の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体を環状のバネ体としたので、ガス漏れを完全に防止することができる。

【0119】請求項34の発明におけるオゾン発生装置は、環状の弾性体の一部に隙間を設けてあるので、外気圧が変化しても弾性体部及び誘電体部に何等のストレスも生じない。

【0120】請求項35の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体をコバルト材で構成してあるので、安価に弾性体を構成することできる。

【0121】請求項36の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体が所定の公式に従った荷重を誘電体に印加するので、誘電体を破損することなく放電空間を一定の空

18

隙長に保持できる。

【0122】請求項37の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体をそのバネ定数に応じて所定の公式に従った長さだけ伸縮させて誘電体に所定の公式に従った荷重を印加するので、誘電体を破損することなく放電空間を一定の空隙長に保持できる。

【0123】請求項38の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体を耐オゾン性を有する素材により構成したので、耐久性の高いオゾン発生装置が得られる。

【0124】請求項39の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体の一部または全部の表面にフッ素樹脂を塗布したので、耐オゾン性が高く耐久性の高いオゾン発生装置が得られる。

【0125】請求項40の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体を全体としてフッ素樹脂により構成したので、耐オゾン性が高く耐久性の高いオゾン発生装置が得られる。

【0126】請求項41の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体を全体としてエチレンプロピレンゴムを用いているので、耐オゾン性が高く耐久性の高いオゾン発生装置が得られる。

【0127】請求項42の発明におけるオゾン発生装置は、電極と弾性体とがモールド加工により形成されているので、上記の作用のほかに、弾性体部分でのガス漏れが防止できる作用を奏する。

【0128】請求項43の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体を導電の電極により囲繞したので、弾性体内に電界が発生せず、ボイド放電が発生して素材が劣化することがない。

【0129】請求項44の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体が複数のオゾン発生ユニット間に1個の割合で間挿されているので、誘電体の破壊、放電空間の空隙精度の低下を未然に防止できる作用と共に、部品点数を減らしてコストを削減できる作用も奏する。

【0130】請求項45の発明におけるオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットのそれぞれの位置を支持柱により設定するので、各オゾン発生ユニットの電極設置の位置決めが容易で、メンテナンスも短時間で行うことができる。

【0131】請求項46の発明におけるオゾン発生装置は、支持柱を籠形としたので、オゾン発生ユニットの各構成部品の位置決めをより容易にかつ安価に行うことができる。

【0132】請求項47の発明におけるオゾン発生装置は、弾性体により前記オゾン発生ユニットを加圧せしめているので、放電空間が安定して支持され、誘電体の破壊、放電空間の空隙精度の低下を未然に防止できる。

【0133】請求項48の発明におけるオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットの電極の少なくとも一方に隣接して冷媒を通流させるための冷媒通流機構を配置してあ

19

るので、オゾン発生ユニットをオゾン発生装置の本体から取り外した状態で組み立てることができ、組み立て作業が容易で本体内の水漏れの危険性が少ない。

【0134】請求項49の発明におけるオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットを積層した際、各オゾン発生ユニットの電極同士がガスを流動させる密閉空間を形成するので、単にオゾン発生ユニットを積層したのみで多段のオゾン発生装置を構成することができる作用を奏する。

【0135】請求項50の発明におけるオゾン発生装置は、オゾン発生ユニットを収納する容器を設け、該容器に該容器を摺動させる摺動手段を設けたので、オゾン発生ユニットの組立時、点検時、交換時等の各作業が容易になる。

【0136】請求項51の発明におけるオゾン発生装置は、非放電部が互い違いに交差した2組の櫛歯状に設けられているので、ガスが該非放電部に沿って均一に流れ、効率よくオゾンを発生できる。

【0137】請求項52の発明におけるオゾン発生装置は、電極中に冷却水を流通させる水路を形成したので、電極の温度上昇を効率的に防止でき、効率的にオゾンを発生することができる。また、安価で軽量の金属電極を用いることができる。

【0138】請求項53の発明におけるオゾン発生装置は、水路の一部の断面積を小さく形成してあるので、複数の電極に並列に冷却水を流しても一部の電極のみに大量の冷却水が流れることがない。従って、各電極間に流れる冷却水の量が均一化され、冷却能力のばらつきのない安定したオゾン発生装置が得られる。

【0139】請求項54の発明におけるオゾン発生装置は、水路の一部に気泡を除去するバイパスを設けたので、気泡が発生してもすぐ除去され、該気泡による冷却能力の劣化が生じない。

【0140】請求項55の発明におけるオゾン発生装置は、電極に移動手段が設けられているため、電極間に誘電体を挿入又は撤去する際に、その各作業を容易に行うことができ、作業中の誘電体の破損を防止できる。

【0141】請求項56の発明におけるオゾン発生装置は、電極に誘電体の位置決め手段を設けたので、電極間に誘電体を挟み込むのみで容易に高い位置精度を得ることができる。

【0142】請求項57の発明におけるオゾン発生装置は、電極に凹部を設け、スペーサーの一部に該凹部への嵌合部を形成したので、複数のオゾン発生ユニットを水平方向に積層する場合にも容易に電極間にスペーサーを取り付けることができる。

【0143】請求項58の発明におけるオゾン発生装置は、熱伝導率の低い金属板で熱伝導率の高い金属を挟まして電極を構成したので、冷却水の水路の容積を小さく設定でき、従って厚みの薄い熱伝導率の低い金属板を用

いることができ、除熱効率を高くできる。また、放電空間の空隙長の精度を高くすることができる。

【0144】請求項59の発明におけるオゾン発生装置は、電極の一方で他方を収納する空間を形成し、収納された電極に給電端子から給電するので、形状のコンパクトなオゾン発生装置が得られる。

【0145】請求項60の発明におけるオゾン発生装置は、電極の背面のスペーサに設置位置に対応する位置に弾性体を設けたので、弾性体の圧力により誘電体が破損される恐れがない。

【0146】

【実施例】

実施例1. 以下、この発明の一実施例を図について説明する。図1はこの発明の実施例1を示す断面図であり、図4-7に示した従来例と同一の構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。図1において、11はヒューズ12を介して電源1に接続された給電板、31は給電板11に電気接触された導電層(電極)である。この導電層31は図4-7の従来例の高圧電極3に相当する。4は誘電体であり、アルミニナセラミックス板により形成されている。このセラミックス板4と導電層31の大きさの関係を図2に示す。図2中、32はガス通路のためにセラミックス板4の中央部に設けられた穴(ガス供給機構)である。この導電層31はセラミックス板4の片面に厚み40ミクロンの銀メタライズ層で形成されている。給電板11と導電層31の一部でも接触しておれば給電板11と導電層31は同電位となる。したがって、たとえ給電板11とセラミックス板4の間に隙間が生じても、両者が同電位であるため、その隙間には電界がかからず、したがってボイド放電が発生することはない。また、セラミックス板4の外周部もしくは内周部を伝って接地電極2に沿面放電が飛ばないように(図1参照)、セラミックス板4の全面に導電層31を形成せず、外周部と内周部に導電層31の形成されていない領域を設けている。沿面放電を防止するための導電層31と接地電極2との距離は、印加電圧にもよるが、通常十分な2mm以上に設定してある。

【0147】61は金属製のスペーサーであり、接地電極2とセラミックス板4との間に挿入されている。該スペーサー61を介してセラミックス板4と接地電極2により、放電の発生する放電空間5が形成され、導電層31及び接地電極2の間に発生する放電により、該放電空間5へのガス供給口(ガス供給機構)7から供給された酸素を含むガスの一部が放電空間5内でオゾン化される。用いるガスは酸素単独でも、窒素と酸素の混合ガスでも空気でもよい。ただし、水分量はなるべく少なく、酸素濃度はなるべく高いほうが効率的である。セラミックス板4、接地電極2はそれぞれ金属スペーサー61を介して面接触されており、セラミックス板4での発熱は、スペーサー61を介して、冷却された接地電極2で有効に吸収

される。

【0148】図1に示す実施例1では、2組のオゾン発生ユニットが対向して設けられており、該2組のオゾン発生ユニットの間に、オゾン耐性のあるエチレンプロピレンゴム（以下「EPゴム」と略記する）で構成されたストレス緩衝板（弾性体）100を挿入して、上部の接地電極2を矢印Aの方向から図示しない加圧機構により押圧することにより装置を組み立てている。すなわち、接地電極2とセラミックス板4との間にスペーサ61を介在させるとともに、セラミックス板4の背後から弾性体であるストレス緩衝板100の抗力で押圧することにより、放電空間5の空隙長を一定に保っている。すなわち、機械的や熱的ストレスによりセラミックス板4等に生じる力をストレス緩衝板100により吸収している。従って、主にセラミックス板4の歪みにより空隙長の精度が悪化したり、セラミックス板4が破壊されたりすることがこのストレス緩衝板100により防止される。

【0149】図48に示した従来例のように、電極2, 3あるいはセラミックス層（誘電体）41により構成される空隙間で、放電しない外周部にシリコン製のスペーサ6を挿入する方法では、電極2, 3の熱歪みにより空隙長が変化してしまう。この問題を回避するために、本実施例においては、図3に示すストレス緩衝板100を用いた。図3において、100はEPゴムよりなるストレス緩衝板、101はガス通路のための開口部（ガス供給機構）、102はオゾンによりEPゴムが腐食されることを防ぐために、EPゴムの表面にフッ素樹脂コートした部分を示す。このストレス緩衝板100は放電空間5とほぼ同程度の大きさを持ち、図1に示すように導電層31の背面に設置することにより、放電空間5の外側から全面にわたって均質に配置することができ、前述したスペーサ61の空隙長を保持する作用を助けて放電空間5の空隙長を高精度に保つことができる。すなわち、例えば熱膨張によりセラミックス板4の厚みが変化し、この変化を緩衝すべくストレス緩衝板100の厚みが変化しても、本実施例の構成では空隙長が変化するがない。

【0150】従って、数百ミクロン程度の超短空隙が要求される場合には、本実施例の構成は特に有効である。また、図1に示すように同電位の高圧導電層31の間に挟持され該導電層31に取り囲まれているため、ストレス緩衝板100に電界がかかることはなく、沿面放電の恐れもない。なお、沿面放電によるストレス緩衝板100の劣化を防ぐためにも、図1に示すように、該ストレス緩衝板100の面積は、セラミックス板4の表面に施された導電層31の面積等しいかそれよりも小さくし、ストレス緩衝板100が同電位の導電体31に取り囲まれているほうが望ましい。なお、ストレス緩衝板100は全体的にフッ素樹脂で構成してもよい。

【0151】次に動作について説明する。ガスは図1に

おいて接地電極2の周囲部から矢印7の方向に吸い込まれ、放電空間5を通過後、矢印8の方向に流れ、ガス排出管（ガス供給機構）9を通って矢印8の方向に排出される。動作ガス圧力は2気圧(atm)である。動作ガス圧力を0.5atmから3atmまで変化したときの、空隙長dとオゾン発生効率ηの関係を実験した結果を図4に示す。この結果は原料ガスとして酸素を用いたときの結果である。ガス圧力を増加していくと、最適な空隙長dが変化していくことがわかる。すなわち、ガス圧力の増加に伴い、短い空隙での励起効率が上昇し、長い空隙での励起効率が減少している。この現象は、次の理由によることが本発明者の実験で明らかになり、以下の如く説明できる。

【0152】(1) 接地電極2、導電層31の近傍には大量の正イオンとなるシース領域が存在する。イオンは電子に比べオゾンを発生する能力が圧倒的に小さいため、空隙長dが短くなるとイオンシースの影響が大きくなりオゾン発生効率ηは減少する。ガス圧力を増加させると正イオンによるシース部の長さが減少するため、短空隙中の励起効率が改善される。通常1気圧でのシース長は0.003mm程度であり、空隙長dに対するシース長の比が50%程度になると励起効率は急激に減少する。したがって短空隙中では圧力の増加に伴いオゾン発生効率ηは急激に増加する。

(2) 放電の安定性を示すパラメータの1つに空隙長dとガス圧力pの積(p d値)が知られているが、無声放電式オゾナイザの場合、p d値が0.3atm·cmを超えると、空間的にピンチした放電形態に変化することが明らかになった。放電がピンチすると、空間のガス温度が局所的に上昇し、オゾンの熱分解過程が促進され、オゾン発生効率ηが低下する。長空隙領域で、ガス圧力の増加と共にオゾン発生効率が低下しているのはこのためである。

【0153】ところで、従来図52に示したデータ以外には、0.5mm以下の短空隙中のオゾン発生特性は、ほとんど報告されていない。これは、図48に示す従来のオゾン発生装置では、高圧力で運転するとオゾンが漏れだすため実験ができなかったこと、空隙精度の良い実験機が製作できないため、超短空隙のオゾン発生装置は実用性がないと判断されたことなどによると思われる。いずれにせよ、図52は1気圧での結果であるために、短空隙での励起効率が低かったものと思われる。すなわち、本発明者によるオゾン発生装置は、上述の構成をとることにより精度良く0.6mm以下の空隙が構成できたこと、及び1.5気圧程度以上の高圧ガスを使用したことにより、高効率、コンパクトなオゾン発生装置を実現できたものである。

【0154】これまでの説明は、投入電力が小さく、オゾン濃度が低い場合の結果についてのものである。オゾン濃度が低い場合には、図4に示すように、各放電空隙

23

長において最適な圧力を用いれば、オゾン発生効率に大きな差が見られず、装置のコンパクト化の観点からは、放電空隙長が短いほうが有利であることが分かる。さらに電力を投入し、オゾン濃度を高めていった場合のオゾン発生特性の変化を図5に示す。図5の横軸はガス1分子あたりに投入されるエネルギーW/Q_N、縦軸はオゾン濃度Cを表す。ここでは、放電空隙長の差に起因するガス温度上昇の影響を除くため、放電空間のガス温度が300°Kになる条件での結果を示している。即ち、放電面積が放電空隙長に比例する電極を用いて、放電によるガス温度上昇が放電空隙長により変化しないようにした。

【0155】前述したように、オゾン濃度の低い領域ではオゾン発生効率は実験条件にあまり依存しない。ところが、図5に示すように、オゾン濃度が高くなるに従い、各特性に差が見られる。実験データの検討の結果、これらの各特性の変化はガス圧力pと放電空隙長dとの積p dに依存していることが判明した。図6は電子衝突によるオゾン生成（酸素解離）速度k_{O₂}とオゾン解離反応速度k_{O₃}との比kと積p dとの関係をまとめたものである。同図より、積p dが大きくなるほど比kが大きくなることが分かる。比kが大きくなるということは電子によるオゾン解離反応が大きくなることを意味し、高オゾン濃度領域でオゾン生成効率が低下することを意味する。オゾン濃度が低い場合には、オゾン発生効率は、オゾン生成速度k_{O₂}にのみ依存し、比kには依存しない。図6より、高濃度オゾンを発生するためには、比kを小さく抑える必要がある。このためには、同図より、積p dを30Torr·cm以下に設定すればよい。ただし、オゾンは酸素原子と酸素分子と第3体との3体衝突により生成されるため、ガス圧力pがあまり低いとオゾン発生効率は低下してしまう。即ち、ガス圧力pを1気圧(760Torr)程度以上に高くしておく必要がある。この条件を考慮すると放電空隙長dは0.4mm以下にする必要があると結論できる。

【0156】図6の結果は以下のようにも説明できる。即ち、図7は電子エネルギー分布を換算電界E/N(ただしNはガス分子の粒子数)の関数としてまとめたものであり、図における換算電界100Td(Td=10⁻¹⁷Vcm²)、200Td、300Tdはそれぞれp d=76Torr·cm、25.8Torr·cm、13Torr·cmに相当することが本発明の発明者の実験から判明している。図7において、酸素の解離エネルギーは6~8eVであり、オゾンの解離エネルギーは2eV及び4eV付近である。また、同図において、8eV付近の電子の存在確率は、あまり換算電界E/N(もしくは積p d)に依存しない。従って、低オゾン濃度領域におけるオゾン発生効率は、換算電界E/N(もしくは積p d)に依存しない。一方、2~4eV付近の電子エネルギーの存在確率は、換算電界E/Nが高いほど(即ち積p dが低いほど)小さい。この

24

ことは、換算電界E/Nが高いほど電子によるオゾンの解離反応が小さく、高濃度域でのオゾン発生効率が高くなることを予想させる。このことにより、図6の実験結果、即ち積p dが小さいほど高濃度オゾンが得られるこことを定性的に説明できる。なお、オゾン濃度が増加した場合、電子エネルギー分布自身も変化するため、オゾンの電子衝突断面積が得られないと定量的な評価は困難である。

【0157】ここで、原料ガスの酸素濃度が低い場合には、上記電子エネルギー分布に与える換算電界の影響は小さくなるため、上記の最適値は、原料ガスとして酸素濃度が高いガスを用いたときに特に有効である。

【0158】なお、原料ガスに窒素が含まれる場合、これまでの特性と全く異なったオゾン発生特性が得られることが判明した。酸素と窒素の分率比が1対4である空気を原料ガスに用いて、放電空隙長d、ガス圧力pを変化させてオゾン発生特性を調べたものが図8である。高消費電力W/Q_N領域では、消費電力W/Q_Nの増加に対してオゾン濃度は減少することが確認されているが、ここではその領域については示していない。同図より、放電空隙長dが大きいほど、あるいはガス圧力pが高いほど高濃度オゾンが得られることが分かる。

【0159】図8の結果を放電空隙長dとガス圧力pとの積p dでまとめた結果を図9に示す。同図より、積p dを大きくしたほうが、高濃度オゾンが得られることが分かる。所定の高濃度オゾンを得るために、積p dを120Torr·cm以上にする必要がある。この結果は、酸素を原料ガスとして用いて行った実験結果(図5)と全く逆の傾向である。

【0160】また、窒素分率が酸素分率とほぼ等しい場合にも図9と同様な特性が得られることが判明した。さらに、これ以上に窒素分率を高めていった場合、即ち窒素濃度の高い原料ガスを用いた場合には、放電により生成される窒素酸化物(NO_x)がオゾンを破壊し、高濃度オゾンが得られないという現象が生じる。また、電子エネルギーが高いほど、即ち積p dが小さいほど、窒素酸化物(NO_x)はできやすいため、積p dの小さい領域では、高濃度オゾンが得られない。この物理モデルは放電空隙長dが0.8mm以上の領域では公知の事実であるが、0.6mm以下の放電空隙長でも同様な現象の発生することが上記実験により初めて確認できた。

【0161】次に、図1及び図9を参照して接地電極2、金属スペーサ61の部分を詳しく説明する。図示していないが接地電極2は水冷されている。この実施例の構成では、冷却する部分はすべて接地電位であるため、通常の水を使用することができ、絶縁油や純水を用いる必要はない。もちろん、接地電極に冷却用のフィンを取り付け空冷しても、ヒートパイプ冷却でも、チラー水で直冷しても同じ効果が得られる。また、接地電極2の放電部に対応する面に誘電体層をコーティングするか、ある

25

いは接地電極2上に誘電体板を設置しておくと安定な放電が得やすい。接地電極2の上に図に示すような放射状の金属スペーサ61が設置され、このスペーサ61の上にセラミックス板4が置かれ、放電空間5を形成する。したがって、接地電極2上でスペーサ61の存在しない部分が放電空間5となり、スペーサ61が存在する空間は非放電部となる。この構成では、放電部とガス通路は完全に一致し、ガス通路を別途設ける必要がない。また、スペーサ61に用いる材料の厚みで任意の空隙長dが実現できる。さらに、放電電極面積にしめるスペーサ(非放電部)61の割合が大きく、放電領域全域にスペーサ61が存在するため、空隙精度を空間全域に均一に構成することができ、このスペーサ61を介してセラミックス板4を間接的に冷却できる効果もあわせ持つことが判明した。

【0162】また、非放電部の面積を増加していくと、ガスの冷却効果が増加していく。ただし、あまり非放電部の面積を増加すると、有効放電部面積が減少し、オゾン発生特性が劣化する。放電部の面積 S_a と非放電部の面積 S_n の比 $R_s = S_n / S_a$ を変化してオゾン発生特性を調べたものが図11である。 $R_s = 0$ の付近では R_s の増加に伴いオゾン発生効率が急激に増加している。さらに R_s を増加するとオゾン発生効率は最大値を迎える、やがて低下してゆく。従来のスペーサを使用しない場合に比較して10%以上オゾンの発生効率が高くなる領域は、スペーサの材料、電力密度、オゾン濃度等、他の条件によって変化するが、およそ $5\% \leq R_s \leq 100\%$ の範囲となる。図11は、ギャップ長0.8mmにおける結果であるが、スペーサによる除熱効果は放電ギャップ長に大きく依存する。ギャップ長を変えて、比 R_s とオゾン発生効率の相対比を示した結果が図12である。図12から明らかのように、ギャップ長が大きくなると、スペーサを介して除熱される効果が高くなるため非放電部の割合を大きくした方が除熱効果が高い。逆にギャップ長が小さい場合には、ガス中を効率的に熱が伝わるため、スペーサによる除熱効果は低くなる。従って、非放電部の割合を小さく設定したほうが除熱効率が高い。ギャップ長が0.1mmから1.2mmの範囲で、スペーサのない場合と比較してオゾン発生特性が多少とも改善される領域は、図12に示すように、 $0.5\% \leq R_s \leq 120\%$ であった。もちろん金属スペーサにアルミ、銅などの熱伝導率の高い材料を用いれば冷却効果は上がり、最大オゾン発生量も増加する。また、腐食の問題を重視する場合には、上記熱伝導率の高い材料にオゾン耐性の材料をメッキ、もしくはコーティングするか、ステンレスを用いることが有効である。

【0163】実施例2. 上記実施例1では、電極を接地して接地電極2とし、導電層31に電源1から高電圧を印加して、接地電極2及び導電層31間に高電圧電界を生じさせていたが、図13に示すように、設置電極2に

26

電源1から高電圧を印加し、導電層31をヒューズ12を介して接地して接地電極として、両電極間に高電圧電界を生じさせるようにしてもよい。

【0164】実施例3. また、図14に示すように、中点接地電源1'を用いて、電極2及び導電層31に該中点接地電源1'から逆層の高電圧を印加して両電極間に高電圧電界を生じせるようにしてもよい。このようにすることにより、実施例1, 2のように一方の電極を接地した場合に比して両電極の接地電位との電位差を半分にすることができる。すなわち、図15(1), (2)に示すように、一方の電極を接地した場合の高電圧側の電極電位のピーク値をvとすると、中点接地電源1'を用いた場合の両電極の電位のピーク値はv/2となる。このことにより、電極とオゾン発生装置のアースとの絶縁距離を半分にすることができ、形状のコンパクトなオゾン発生装置を得ることができる。

【0165】実施例4. 上記実施例1～3では、板状のスペーサ61を放電空間5に挿入する場合について述べたが、図16に示すように、糸状のスペーサ62を用いても同様の効果を奏する。この場合、糸状材料の直径が放電空隙長に相当するので、スペーサが安価に構成でき、空隙長dも任意の長さに設定することができる。

【0166】実施例5. 上記実施例1～4では放射状ガス通路を形状するスペーサ61, 62について説明したが、ガス通路、スペーサとともに形状は任意であり、図17に示すように、非放電部を形成するスペーサ63が放電領域のほぼ全域に飛び石状に分布していくてもよく、放電部との面積比率が上記条件を満たしておれば同様の効果を奏する。

【0167】実施例6. 図18は実施例5の変形であるが、非放電部を形成するスペーサ64を螺旋状に構成することにより、放電部のガスの流れを均質化することも可能である。

【0168】実施例7. なお、これまで金属製のスペーサについて実施例を示してきたが、絶縁性の材料でスペーサを構成すれば非放電部を伝って流れる無効誘導電流を低減することができ、電力投入において効率を高くすることができる。この場合には、誘電率が低く、耐電圧が高く、誘電正接($\tan \delta$)が小さく、さらに熱伝導率の高い材料が効果的である。それぞれ

比誘電率 20以下

耐電圧 5kV/mm以上

$\tan \delta$ 0.1%以下

熱伝導率 0.1W/(cm·deg)

が概略の目安となる。ただし、耐電圧、誘電正接以外は必ずしも上記条件を満たす必要はない。代表的な材料としてはアルミニナセラミックス、ベリリア、ガラス、ダイヤモンドなどがある。

【0169】実施例8. セラミックス4の表面に放電部に対応する部分だけ導電層31を設けることは、前記無

27

効誘導電流を防止する上で重要な意味を有する。図19は図10に示す放射状の放電空間に対応するセラミックス4の表面を示す。図10においてスペーサ61のない部分が放電部になるため、この実施例8では図19に示すように、図10の放電部に対応した部分に導電層31が設けられている。図中32はガス流路のためセラミックス板4の中央部にあけられた穴である。この実施例8の場合、放電部にのみ電圧が印加され、非放電部（スペーサのある部分）には給電されないため、非放電部を誘導電流が流れることはない。したがって、効率的に電力を放電部に注入することができる。

【0170】実施例9。接地電極2と非放電部材を一体的に形成すると部品点数を減らすことができる。図20は接地電極2に放電部に相当する溝部を加工することにより、接地電極2と、スペーサの機能を同時に果たしている。図において、21は削られた溝部（凹部）を表し、22は母材表面（凸部）である。従って、この接地電極2の上に誘電体電極を乗せると、溝部21が放電部になり、表面22が非放電部になる。この溝加工の方法としては、通常の機械加工でも可能であるが、エッチング法も有効な手段である。

【0171】実施例10。また、実施例9では、接地電極2に溝を加工する場合について示したが、電極材料と同種材料もしくは異種材料の層を形成し、非放電部に対応する層を形成することも有効な方法である。この場合には図20において、21が母材表面で、22がデポジション部となり、それぞれ、放電部、非放電部に対応する。層の形成方法として、溶射、CVD（ケミカルベーパーデポジション）、プラズマCVDなどが有効である。溶射材料としては、アルミニウムを代表とする金属材料、セラミックス、ガラスを代表とする誘電体材料がある。

【0172】実施例11。誘電体と非放電部材を一体で形成することも有効である。図21は誘電体板に凸凹をつけ、スペーサの機能を持たせたものである。図において、41はセラミックス板、42はセラミックス板4の表面、43は同一材料のセラミックスを溶射した層であり、表面が平板の接地電極2と組み合わせると42が放電部、43が非放電部となる。図21はセラミックス表面に凸部を設けた場合について示したが、実施例9、10と同様に溶射などで凸部を設けても、エッチングなどで凹部を設けてよい。凸部の材料は、金属材料でも、誘電体材料でもよい。

【0173】実施例12。勿論、図22に示すように接地電極2とセラミックス板4に凸凹を設けて、両者を嵌合させ、放電空間5を構成すれば、電極の位置精度をあげることができる。図において、21は接地電極2の切削部、42はセラミックス板4の表面（誘電体）、44はエッティング部（凹部）を示す。接地電極2の埋込み部（放電空間5）の長さと、セラミックス板4のエッキン

10

グ部44の長さの差が放電空隙長となる。同様に金属電極の凸部と誘電体の凹部で空隙を構成しても同様の効果が得られることはいうまでもない。

【0174】実施例13。さらに、図23に示すように電極を構成すれば接地電極、誘電体電極、スペーサの機能をすべて一体型で構成することができる。図23において2は金属製の接地電極で、41は接地電極2の上にコーティングされた、たとえばセラミックス、ガラス等により構成される誘電体層、43はエッティング、もしくは機械加工で削られた部分を示す。こうして完成した一体型の電極を図のように重ねてゆけば、削った部分43で放電空間を、削らない部分で非放電空間を非常にシンプルに構成することができる。もちろん、図24に示すように、図23で誘電体をコーティングした反対側の面にも誘電体をコーティングすれば、より安定な放電が得られる。

20

【0175】実施例14。図1に、EPゴムで構成したストレス緩衝板100を示したが、ストレス緩衝板100間もしくはストレス緩衝板100とセラミックス板4との間にガスが漏れることがある。この問題を回避するには、図25に示すように、セラミックス板4の間に例えばシリコンゴム製の充填材等、柔軟性のある材料110でモールドし、一体型に構成することにより、ガス漏れの問題はなくなる。もちろん、セラミックス板4まで同時にモールドしなくとも、ストレス緩衝板100部と給電板11をモールドすれば、ストレス緩衝板100の間からのガス漏れは回避できる。尚、図25では、給電板11とセラミックス板4との間に設けられる導電層31の図示は省略してある。

30

【0176】実施例15。また、図26に示すように、ペローズ等のバネ状の金属環120（弹性体）を2枚のセラミックス板4の間に挿入し、図示しない導電層31の表面に設置される給電板11と金属環120の円周部を接合して構成すれば、ガス漏れは完全に回避でき、ストレス緩衝効果も十分に得られる。本実施例においては、金属環120は、厚さ0.5mmで径の異なる2種類のコパール材で構成され、その上下の円周部が、誘電体板4上に形成された導電層31に接合されている。

40

【0177】実施例16。上記実施例15の構造では、誘電体板4間からのガスの漏洩は防止できるが、金属環120の両円環部で取り囲まれた内部の空間も完全に密封されてしまい、外気圧の変化に応じて両円環部及び誘電体板4に対してストレスを発生してしまう恐れがある。この問題を回避するためには、金属環120の外側の円環部と誘電体層31との接合を完全に密閉する形では行わず、スポット接合して空気の抜け穴（隙間）を設けておけばよい。外側の円環部をスポット接合するには、誘電体板4の中心部には活性なオゾンガスが存在するからである。

50

【0178】実施例17。また、図27に示すように、

金属環120の側壁の一部に空気抜きの孔10A(隙間)を設けても良い。この場合も、誘電体板4の中心部には活性なオゾンが存在するため、外側の円環部の一部に空気抜きの孔10Aを設けるのが望ましい。

【0179】実施例18. また、図28に示すように、金属環120の側壁の形状を、中央部に折り返し120Aが存在するような形状にすることにより該金属環120の弾性定数を最適な値に調整することができる。

【0180】実施例19. 更に、図29に示すように、金属環120の側壁の断面形状に複数の折り返し部120B, 120Cを設けることによっても、該金属環120の弾性定数を最適な値に調整することができる。

【0181】実施例20. 以上の実施例ではセラミックス板4を含んだ導電層31、給電板11等の電極部の円盤状形状に合わせて、金属環120として円環状のものを用いたが、勿論、セラミックス板4、導電層31、給電板11等の電極部が3角形、4角形等の多角形形状の板状部材として形成されれば、金属環120も、この電極部の形状に合わせて、中空3角柱、中空4角柱等の中空多角形形状に形成すべきである。

【0182】実施例21. 前述した各図においては、図示を省略したが、接地電極2には、図30に示すように、冷却水を流すための空洞23(水路)が設けられている。この空洞23の上面にはオゾン発生装置の放電空間の空隙長を一定にするための上板24(電極)が設けられている。なお、スペーサ61、セラミックス板4、導電層31、給電板11及びストレス緩衝板100等の構成部品は図示を省略している。

【0183】オゾン発生装置は、通常1.5atm以上の高圧ガスを流通させて動作するため、上板24の上下のガス流通路と冷却水流通路との間で圧力差が生じ、上板24が、図30に示すように、空洞23側に捲んでしまう場合がある。このときの捲み量を δ とすると、捲み量 δ 波、水路の半径 a と上板24の厚み t により、次式のように表せる(Raymond J. Roark及びW. C. Young著「Formulas for Stress and Strain(圧力と張力の公式)」第5版、1986年、マグローヒル(McGraw-Hill)社刊 International Editions 339頁参照)。

$$\delta = K_1 \times q a^4 / D$$

$$D = E t^3 / \{12(1 - \nu^2)\}$$

ここで、 q は上板24の荷重(kg/cm^2)、 E は上板24のヤング率(kg/cm^2)、 ν は上板24のポアソン比、 b 、 a はそれぞれ上板24の内周の半径(cm)及び外周の半径(cm)である。 K_1 は b/a により決まる定数であり、 $b/a = 0.1$ のとき $K_1 = 0.006$ である。

【0184】上式より明らかに、上板24の厚み t を増せば捲み量 δ を小さくできるが、通常接地電極2はステンレスで製作するため、熱伝導率が低く、厚み t を厚く設計すると上板24が高温になってしまうので、厚み t は厚く設計ことができない。例えば、放電空間の

空隙長が0.2mmのとき、接地電極2の厚み t は4mm程度以下にする必要がある。このため、接地電極2の上板24はある程度捲むことを考慮して設計せざるを得ない。上板24が捲んだときには、放電空隙長が変化し、オゾン発生効率 η 等のオゾン発生特性が劣化する恐れがある(図4、図12参照)。

【0185】本実施例は、上述の点を考慮し、接地電極2の上板24が捲んだ場合にも、放電空間の空隙長が変化しないようにしたものである。即ち、上板24に対向して設けられているセラミックス板4(図1参照)を上板24の捲みに対応して捲ませることにより、該上板24の捲みを相殺するものである。具体的には、例えば図26乃至図29に示した実施例15乃至19のように、セラミックス板4の背面に金属環120等の反発力を有する付勢部材を設け、セラミックス板4に荷重を印加するようにする。セラミックス板4に印加するこの荷重を q_d 、接地電極2の上板24のヤング率を E_d 、上板24の厚みを t_d 、セラミックス板4のヤング率を E_d 、セラミックス板4の厚みを t_d 、上板24に掛かる高圧ガスと冷却水との圧力差を q 。とすると、荷重 q_d は圧力差 q 。に対して次の式を満足すればよい。

$$q_d = q_a \times (E_d / E_a) \times (t_d / t_a)^3$$

【0186】荷重 q_d が上式を満足する値よりも極端に大きな値となるとセラミックス板4は破損され、また極端に小さな値となると放電空間の空隙長が一定の値に維持できなくなる。通常の構成では荷重 q_d は、0.1~0.5kg/cm²程度の値であればよい。荷重の掛け方は、バネ定数 k (kgf/mm)のn個の付勢部材を1mm圧縮させ、 $q_d \times S = n k l$ となるように設計すればよい。ここで、 S は上板24の面積である。

【0187】実施例22. また、図31に示すように、2枚のステンレス板(金属板)25, 25の間に、例えば銅等の熱伝導率の良い金属で形成された径の異なる円環部材(金属)26, 26を2個挟み込んで接地電極2を構成すれば、熱伝導率の良い円環部材26を介して効率的にステンレス板25を冷却することができるため、空洞23の外周の半径 a を小さく、内周の半径 b を大きく、即ち空洞23の容積を小さく設計できる。これにより、ステンレス板25の板厚を小さくしても接地電極2の機械的強度を大きく保つことができる。この様に構成する場合には、ステンレス板25と円環部材26との接合はローワークにより行い、ステンレス板25と円環部材26との接触面にローワークを流し込むようにして接合を行うと、除熱効率を高くすることができる。

【0188】実施例23. 以上に記載した実施例では、2個の放電空間からなる1組のオゾン発生ユニットに1個のストレス緩衝板100を挿入する場合について説明したが单一の放電空間から構成される低容量のオゾン発生装置にストレス緩衝板100を用いても同様の効果がある。すなわち、例えば図1の下半分のみの構成の1個

31

のオゾン発生ユニットから成るオゾン発生装置に1枚のストレス緩衝板100を用いることにより、該オゾン発生装置の放電空間の空隙長の保守、誘電体の破損の防止等の前述した効果が得られる。さらに、1組のオゾン発生ユニットに1組のストレス緩衝板がある必要はなく、図32に示すように、複数組のオゾン発生ユニット10に1枚のストレス緩衝板100を設けるだけでも効果があり、このようにすれば、部品点数の削減、ストレス緩衝板100からのガス漏れの回避等の効果が得られる。

【0189】実施例24. 図1に示した実施例1においては、酸素を含むガスは放電空間5の外周部から吸い込まれ、非放電部と放電部とで構成されたガス流路を伝つて中央部の排出口からオゾン化ガスとなって排出される。このようなガスの流れを採用することには、以下のような大きな利点がある。すなわち、

(1) オゾンを含む活性化の強いガスは放電空間5の外周部には全く漏れないため、放電空間5の外で使用する材料はオゾン耐性を必要とせず、任意の材料が使用できる。

(2) オゾン濃度が高く放電が不安定になる放電部ガス下流域では、ガス流速が速くなり、高オゾン濃度下でも安定な放電が得やすい。

従つて、放電が不安定になるような高オゾン濃度下での使用、あるいは安価な材料で装置を構成する必要のある場合はこの方式が有効である。

【0190】しかるに、図33のようにオゾン発生装置の中心部からガスを送り込み、放電空間5の外周部にガスを排出する構成を採用した場合には以下の利点が得られる。すなわち、

(1) 放電空間のガス下流に行くほど、ガス流路の断面積が大きくなる。一般に、ガス下流域では、ガス温度があがって流速が速くなり、流路の圧力損失が急増するが、この構成を採った実施例では比較的低圧力損失で流路を構成することができる。

(2) 放電空間の水分量が増加するとオゾン発生効率が減少することが知られているが、この構成では電極冷却水が多少もれても放電空間の水分量が増加することなく、水によるオゾンの発生効率の低下はない。

水漏れの恐れのある場合、ガス流体系の圧力損失を低く抑える必要がある場合には、この方式が有効である。

【0191】実施例25. 図34は図1に示した1組のオゾン発生ユニットを40組重ねて構成した大容量オゾン発生装置を示す。この構成で一時間に5kgのオゾンを発生することができる。図において200は圧力容器

(容器)、250は図1に示したオゾン発生ユニットを横方向に積層したオゾン発生ユニット群、210は冷却水供給口ポート、211は冷却水排出口ポート、220は高電圧の供給ポート、230は接地ポートである。240は支持柱を示し、2箇の支持柱240によってオゾン発生ユニット群250はそれぞれ位置決めされてい

10

20

30

40

50

32

る。圧力容器200の外部から導入された酸素を含むガス(図示せず)は、オゾン発生ユニット群250の周辺から吸い込まれ、排気口から矢印8の方向にオゾン化ガスとなって排出される。オゾン発生装置に2本の支持柱240を配設し、オゾン発生ユニット群250を横方向に積層したことにより、オゾン発生ユニット群の設置の位置決めが容易になり、メンテナンスも短時間で行える。

【0192】実施例26. 図35は、大容量オゾン発生装置の他の実施例を示す図であり、図35(2)はその一部切り欠き側面図、図35(1)はその左方向から見た透視図、図35(3)はその右正面図である。

【0193】本実施例は、図1に示したオゾン発生ユニットを12組積層したオゾン発生ユニット群250を、前述のストレス緩衝板100を介して、電極ユニット押さえバネ320(弾性体)で圧着固定したものである。押さえバネ320は、上記実施例21で示した式を満足する荷重gをオゾン発生ユニット群250に印加するよう設定されており、バネ定数が5kg/mmで3mm圧縮され、オゾン発生ユニット群250に15kgwの圧力を印加する。420は、各オゾン発生ユニットのセラミックス板4の位置精度を保つための位置決め板(位置決め手段)であり、各オゾン発生ユニットの接地電極2に取り付けられている。

【0194】オゾン発生ユニット群250は、圧力容器200中に載置され、高電圧供給ポート220を介して、各オゾン発生ユニットに対して高電圧が印加される。また、オゾンを発生する原料ガスは、ガス供給口71から圧力容器200中に導入され、各オゾン発生ユニットの外周部から放電空間中に吸入され、該原料ガスの一部が該放電空間でオゾン化され、ガス排出口72から排出される。

【0195】オゾン発生器の各発生ユニットは定期的に点検する必要があるので、圧力容器200にはガイドローラ310(摺動手段)が取り付けられており、圧力容器200が全体としてレール311上に載置され、図35(2)の左方向に移動できるようになっている。点検時には、圧力容器200を左方向に移動させ、オゾン発生ユニット群250を露出させて点検する。このとき、オゾン発生ユニットの電極を交換するときには、押さえバネ320を弛めて接地電極2間に挿入されている、導電層31の形成されたセラミックス板4を引き出して電極の交換を行う。このため、接地電極2には該電極2を摺動させるためのペアリング410(移動手段)が取り付けられ、接地電極2はこのペアリング410がレール411上を回転することによって左右方向に摺動して移動できる。また、接地電極2に接続されている冷却水供給口ポート210及び冷却水排出口ポート211は、図35(1)、(2)に示すように、水平方向に移動できるようになっている。

33

【0196】実施例27. 次に、図35の如く積層して用いるのに適した接地電極2の実施例について説明する。図36は、接地電極2の1実施例を示す上半分切り欠き平面図(1)と、側面図(2)であり、側面図

(2)の上半分は平面図(1)の中心線I—I線に沿った断面図となっている。接地電極2は、基板2Aの両面に平板2B, 2Cが溶接されて構成されており、平板2B, 2Cが放電面を形成する。基板2Aには打ち抜きプレスにより、冷却水用の流路512が形成されている。図において、符号412は接地電極2を摺動させるためのペアリング410を取り付けるための切り込み部を表し、この切り込み部412により接地電極2の位置決めが行われる。符号413は接地電極2を積層するための取り付け穴を表し、該取り付け穴413中に支持柱を嵌挿することにより接地電極2を積層する。符号510は冷却水の供給口を表し、符号520は冷却水の排出口を表す。冷却水は、供給口510から接地電極2中に導入され、流路512中を流れ、排出口520から排出される。供給口510の穴径は、他の流路512の断面積より十分に小さく構成されており、冷却水の圧力損失が大きくなる。この様に構成することにより、複数個の接地電極2に均等に冷却水を流通させることができる。もし、この圧力損失の大きな部分が設けられていないと、図35に示す冷却水供給口ポート210に近い接地電極2には大量の冷却水が流れ、冷却水供給口ポート210から遠い接地電極2には冷却水があまり流れないと不都合が生じる。

【0197】冷却水の流路512は、接地電極2の全面を均等に冷却できるように、曲がりくねった細長い溝状に構成されており、該溝状の流路512の断面積は、各溝部分を流れる冷却水の流速がおよそ1m/s以上となるように、設計されている。更に、流路512中に発生する気泡を有效地に排出するために、流路512の一部に細孔(バイパス)513が設けられている。この細孔513は、図36に示すように、流体力学的に気泡の発生しやすい流路512の湾曲部に設けられている。

【0198】実施例28. 図37は、接地電極2の他の実施例を示す上半分切り欠き平面図(1)と、側面図

(2)であり、側面図(2)の上半分は平面図(1)の中心線II-II線に沿った断面図となっている。本実施例においては、基板2Aの流路512として用いられる溝は、止まり溝512aとして構成されており、基板2Aの裏側表面を放電面として利用することができる。これにより、平板2Bを1枚基板2Aに溶接するのみで接地電極2を構成することができ、部品点数の削減、ひいてはコストの低減が可能となる。

【0199】実施例29. 上述した各実施例において、スペーサ61~64を接地電極2又はセラミックス板4に接着又は溶接して固定すると、接着剤又は溶接部の厚みによりスペーサ61~64の厚みが変化してしまい精

度が落ちる恐れがある。そのため、スペーサ61~64の固定方法としては、十分な厚み精度を有するスペーサ61~64を接地電極2とセラミックス板4との間に挟み込んで、締め付ける方法が用いられている。これにより、安価に高精度の空隙長が確保できる。この方法による場合、図32に示したように、垂直方向にオゾン発生ユニット10を積層してオゾン発生装置を構成する場合には、スペーサ61~64を固定するのは容易である。しかるに、図34及び図35に示すように、水平方向にオゾン発生ユニットを積層してオゾン発生装置を構成する場合には、スペーサ61~64を仮固定しておかないと、各オゾン発生ユニットを積層するのが困難である。

【0200】本実施例はこの様な問題を解決するものであり、その構成を図38に示す。図38(1)は、本実施例の接地電極2にスペーサ65を懸下した状態を示す平面図、図38(2)は図38(1)のIII-III線に沿った断面図である。図38に示すように、スペーサ65の上端部は直角に折り曲げられて爪部422(嵌合部)が形成されており、該爪部422が、接地電極2の上端部に設けられたスペーサの位置固定用溝

(凹部)421に嵌合するようになっている。この様に構成することにより、図34あるいは図35に示すようにオゾン発生ユニットを水平方向に積層する場合、各オゾン発生ユニットの接地電極2の溝421にスペーサ65の爪部420を嵌合させてスペーザ65を接地電極2に懸下して保持できる。このようにして、各オゾン発生ユニットの接地電極2とセラミックス板4との間にスペーザ65を保持した状態で、オゾン発生ユニットを全体的に積層方向に締め付けることにより、オゾン発生装置を容易に構成できる。即ち、スペーザ65は爪部420で接地電極2に保持されているので、オゾン発生装置の組立工程で、スペーザ65の位置がずれたり、スペーザ65が落下したりすることがない。なお、セラミックス板4が多少湾曲していても、オゾン発生ユニットを全体的に積層方向に圧着する事により、ストレス緩衝板100によりセラミックス板4が圧迫されセラミックス板4の湾曲は矯正されて、各オゾン発生ユニットの放電空間の空隙長の精度はスペーザ65の精度と一致する。このため非常に安価に高精度の空隙長を実現することができ、かつオゾン発生装置の組立、またオゾン発生ユニットの交換等の作業を容易に行うことができるようになる。

【0201】実施例30. もちろん図39に示すように、支持柱240でオゾン発生ユニット群250の位置決めを行い、該オゾン発生ユニット群250を縦方向に積層してもよい。

【0202】実施例31. さらに、図40に示すように、籠形支持柱241に各オゾン発生ユニットの接地電極2、セラミックス板4を順次嵌挿してオゾン発生装置を組み立てるようにすると、オゾン発生ユニットの各構

成部品の位置決めをより容易に、かつ安価に行うことができる。

【0203】実施例32. オゾン発生ユニットを横向き、もしくは縦方向に多段に積層した場合、各金属電極を冷却する方法が複雑となる。小容量のオゾン発生装置の場合は、前述したように金属電極にフィンを設けて空冷する方法が有効である。しかし、コンパクトにオゾン発生装置を設計するためには、水などの冷媒で直接冷却する必要がある。この場合、各電極において、水の出入りのための配管を各2本接続する必要がある。多段構成を採用する場合、すべての配管をいちいち給水ポートに接続していくは、作業が面倒であり、装置の信頼性にかける。実施例32はこの問題を解決するものであり、図41にその配管構成を示す。実施例32のオゾン発生装置は、接地電極2、セラミックス板4をストレス緩衝板100を介して多段に積層し、接地電極2には図に示すように予め電極の外側を半周とりまく金属配管(冷媒流通機構)212が溶接されている。もう一方の水用の口には配管用ジョイント(冷媒流通機構)213が接続されている。このような状態の接地電極2にセラミックス板4、ストレス緩衝板100で構成されるオゾン発生ユニットをたとえば5段重ねて構成し、それぞれのジョイント213に配管212を接続する。こうしてできあがった1モジュールを本体に移し、給水ポート210のジョイント213に配管(冷媒流通機構)214で接続する。このように構成することにより、オゾン発生モジュールはオゾン発生装置本体の外部で組み立てることができ、本体内の作業は給水ポート210との接続だけですむ。したがって、作業効率は改善され、本体内での水漏れの危険性は非常に小さくなる。

【0204】実施例33. 図42はこの発明の実施例33を示す断面図である。この実施例は1個の放電空間5を有する小容量のオゾン発生装置である。接地電極2には冷却水211を循環させるための空洞23が底部に設けられ、また周辺部の壁面の上面には、ガス密封用のゴム板330を介して上板24が設けられている。このようにして、ガス供給口71とガス排出口72を除いて密閉された状態となっている。接地電極2の内側の底面上にはスペーサ61を介してセラミックス板4が載置され、放電空間5を形成している。

【0205】220は高電圧を供給する給電端子であり、給電板2200が先端に接続されている。給電板2200はストレス緩衝板100を押圧しており、ストレス緩衝板100により導電層31を介してセラミックス板4が押圧されることにより放電空間5の空隙長が適正に保たれる。また、ストレス緩衝板100の表面は導電性の薄膜1001により被覆されており、給電板2200はこの薄膜1001を介して導電層31と電気的に接続されている。このように構成することによりストレス緩衝板100として絶縁性の材料を用いることができ、

広い範囲の材料を用いることが可能となる。また、ストレス緩衝板100の表面は導電性の薄膜1001により被覆されているため、ストレス緩衝板100の内部には電界が発生せず、従ってボイド放電が発生して素材が劣化することがない。

【0206】オゾンを発生する原料ガスはガス供給口71から接地電極2と上板24とにより形成される空間に導入され、導電層31と接地電極2との間で高電圧電界が印加された放電空間5中でその原料ガスの一部がオゾン化され、オゾンを含むオゾン化ガスとしてガス排出口72から排出される。

【0207】実施例34. 図43はこの発明の実施例34を示す図であり、図43(1)はスペーサ61とストレス緩衝部材1002(弾性体)との位置関係を示す一部省略正面透視図、図43(2)は図(1)のIV-IV線に沿って取った断面図である。本実施例においては、ストレス緩衝部材1002はバネ状部材であり、複数個のストレス緩衝部材1002はそれぞれスペーサ61の上に位置するように設けられている。ストレス緩衝部材1002としてバネ状部材を用いることによりセラミックス板4へ印加される加重の調整が容易となり、また、ストレス緩衝部材1002をスペーサ61の上に配置することによりセラミックス板4の損傷を防止できる。さらに、ストレス緩衝部材1002は接地電極2が最も撓む位置、即ち空洞23の中心位置の上方に配置され、セラミックス板4を接地電極2の撓みに合わせて変形させ、放電空間5の空隙長を一定に保つようしている。

【0208】実施例35. 図44はこの発明の実施例35を示す図であり、図44(1)はスペーサ61とストレス緩衝部材1002との位置関係を示す一部省略正面透視図、図44(2)は図(1)のV-V線に沿って取った断面図である。本実施例においては、絶縁物で構成された部材2210がゴム板330と給電板2200との間に挿入されている。これにより、セラミックス板4に印加される加重が該部材2200により吸収され、該加重が給電端子220にはなんら負荷が掛からず、給電端子220がストレス緩衝部材1002からの反力により破損される恐れがない。

【0209】実施例36. 図44はこの発明の実施例36を示す平面図(同図(1))及び断面図(同図(2))である。図44(2)に示すように、本実施例においては、各オゾン発生ユニットの接地電極2の端部が、各オゾン発生ユニットを積層した場合に、ガスが運動するガス連結孔350と放電空間5を除いて密閉される空間を形成する。図において、225は電極3に高電圧を給電する高電圧給電継手、260は積層された各オゾン発生ユニットを押圧する押圧用冷却水ジョイント、270は各オゾン発生ユニットを押圧する押さえ板、280はオゾン発生ユニット用ガス継手、290はオゾン発生ユニット用冷却継手、300はオゾン発生ユニット

押さえボルト、310はオゾン発生ユニット上板、311はオゾン発生ユニット底板、320はヒューズ止めOリング、330はガス密閉Oリング、340は放電空間5にガスを供給するガス供給室（密閉空間）、350はガス継手280を介して各ガス供給室にオゾン発生のためのガスを供給するガス連結孔である。

【0210】本実施例の接地電極2の片面の周辺部には円周状にOリング溝が構成されており、各オゾン発生ユニットを積層する際該Oリング溝にOリング330を嵌合せしめることによりガス供給室340からのガス漏れが防止される。ガスは、図の矢印7から本実施例のオゾン発生装置に供給され、ガス継手280、ガス連結孔350、ガス供給室340を介して各オゾン発生ユニットの放電空間5に供給され、該放電空間5における電極2、3間の放電現象により発生したオゾンガスを含んで矢印8からガス供給継ぎ手280を介して放出される。

【0211】本実施例においては、上述の如く、単に各オゾン発生ユニットを積層することにより接地電極2によりガス供給室340が形成されるので、積層したオゾン発生ユニットを収納してガス流路を形成するための容器が不要となる。

【0212】実施例37.これまでの実施例においては、電極の中央部にガスの排出口（もしくは供給口）を設け、ガスが外周部から中心部、もしくは中央部から外周部に流れるものであったが、図46に示すように、1つの放電空間のオゾン発生ユニットにガス供給口71、ガス排出口72をそれぞれ備え、放電の発生しない非放電部を形成するスペーサ61を互い違いに交差した2組の櫛歯状に設けることにより、ガス流が放電空間内部を図の左右方向へ交互に通流するように構成できる。図において、2は接地電極、71、72はそれぞれガスの供給口、排出口である。61は非放電部を構成するスペーサであり、供給口71から導入されたガスは、放電部でオゾンに変換されながら図中矢印81の方向に流れ、排出口72から排気される。図48に示す従来のオゾナイザでは放電空間の空隙長が均一に保てない、放電空間内のガスの流れが規定できず、放電してもガスが流れない部分があったが、本実施例のごとくガスを通流することにより上記問題点は解決でき、効率のよいオゾン発生が得られる。勿論、図46の電極の外周部に従来のように例えばシリコンゴム等からなるシール材を用いて、放電空間からガスが漏れることを防止することもできる。

【0213】

【発明の効果】以上のように、請求項1の発明によれば、放電空間のガス圧力が1気圧以上で、放電空間の放電空隙長が0.4mm以下であるように構成したので、高オゾン濃度領域で高効率なオゾン発生が実現でき、高効率、高濃度なオゾン発生装置を得ることができる。

【0214】請求項2の発明によれば、窒素分率が酸素分率より高く、放電空隙長が0.6mm以下の場合に、ガ

ス圧力pと放電空隙長dとの積pdが120Torr·cm以上となるように構成したので、窒素を多く含む原料ガスを用いても、窒素酸化物の生成を抑え、高濃度オゾンを高効率で発生させることができ、高効率、高濃度なオゾン発生装置を得ることができる。

【0215】請求項3の発明によれば、非放電部が放電空間全域にわたって分散配置されるように構成したので、均一で超短空隙の放電空間が実現でき、それにより高効率にガスを冷却でき、オゾンの熱的分解反応を抑えることができる、また、オゾン発生ユニットを複数個用いることにより大容量のオゾン発生装置を構成した場合、空隙精度が良いため、各放電空間に流れるガス流量、各放電空間に投入される放電電力にばらつきがなく、高効率な大容量のオゾン発生装置を実現することができるなどの効果がある。

【0216】請求項4の発明によれば、オゾン発生ユニットの電極が平板状に構成したので、均一で超短空隙の放電空間を極めて容易に形成することができる効果がある。

【0217】請求項5の発明によれば、隣り合うオゾン発生ユニットが逆向きに積層され、隣り合う電極が同一電位となるように構成したので、構造が簡単でコンパクトなオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0218】請求項6の発明によれば、2個の電極に互いに逆相の高電圧が印加されるように構成したので、絶縁距離を小さくすることができ、上記の効果の他に、更にコンパクトなオゾン発生装置を実現できるなどの効果がある。

【0219】請求項7の発明によれば、放電空間にのみ電圧が印加され非放電部には給電されないように構成したので、非放電部を誘導電流が流れることなく、上記の発明の効果の他に効率的に電力を放電部に注入できるなどの効果がある。

【0220】請求項8の発明によれば、非放電部の面積が放電部の面積の0.5%から120%程度であるように構成したので、10%以上オゾンの発生効率が高くなるなどの効果がある。

【0221】請求項9の発明によれば、電極と非放電部とを一体的に構成したので、部品点数が少なく製作が容易で安価なオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0222】請求項10の発明によれば、金属電極の表面に凸部と凹部とを形成することにより放電部と非放電部とを形成するように構成したので、部品点数が少なく、製作が容易で安価なオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0223】請求項11の発明によれば、誘電体と非放電部とを一体的に構成したので、部品点数が少なく、製作が容易で安価なオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0224】請求項12の発明によれば、誘電体の表面

に凸部及び凹部を形成することにより非放電部と放電空間とを形成するように構成したので、部品点数が少なく、製作が容易で安価なオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0225】請求項13の発明によれば、電極表面を切削することにより凸部及び凹部を形成するように構成したので、加工が容易で部品点数の少ない安価なオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0226】請求項14の発明によれば、電極の表面に同種又は異種の材料を堆積することにより凹部及び凸部を形成するように構成したので、加工が容易で部品点数の少ない安価なオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0227】請求項15の発明によれば、誘電体の表面を切削することにより凸部及び凹部を形成するように構成したので、加工が容易で部品点数の少ない安価なオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0228】請求項16の発明によれば、誘電体の表面に同種又は異種の材料を堆積することにより凹部及び凸部を形成するように構成したので、加工が容易で部品点数の少ない安価なオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0229】請求項17の発明によれば、電極、非放電部及び誘電体を一体的に形成するように構成したので、部品点数が少なく、製作が容易で安価なオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0230】請求項18の発明によれば、電極を誘電体に嵌合して製作するように構成したので、上記の発明の効果の他に、電極の位置精度を上げることができる効果がある。

【0231】請求項19の発明によれば、放電部と非放電部とによりガス流路を構成したので、超短空隙の放電空間が実現でき、高効率にガスを冷却でき、オゾンの熱的分解反応を抑えることができる効果がある。

【0232】請求項20の発明によれば、ガス流路を放射状に構成したので、均一で超短空隙の放電空間が実現でき、高効率にガスを冷却でき、オゾンの熱的分解反応を抑えるなどの効果がある。

【0233】請求項21の発明によれば、ガス流路を螺旋状に構成するようにしたので、上記の発明の効果の他にガスの流れが均一化されるなどの効果がある。

【0234】請求項22の発明によれば、非放電部材を飛び石状に配置するように構成したので、均一で超短空隙の放電空間が実現でき、高効率にガスを冷却でき、オゾンの熱的分解反応を抑えることができる効果がある。

【0235】請求項23の発明によれば、ガスを中心部から供給し、外周部に排出するように構成したので、ガス流路を低圧力損失で構成することができ、また、水漏れがあつても放電空間の水分量が増加せず、オゾン発生効率が低下しない効果がある。

【0236】請求項24の発明によれば、ガスがオゾン

40 発生ユニットの外周部から中心部に向かって流れるように構成したので、上記の発明の効果の他に、ガス下流域で比較的低圧力損失となり、また放電空間の水分量が増加する効果がある。

【0237】請求項25の発明によれば、スペーサにより非放電部を形成するように構成したので、オゾン発生ユニットの電極間の空隙精度が良好に保たれると共に、放電空間を自由に画定でき、均一で超短空隙の放電空間を実現でき、コンパクトな形状で高濃度のオゾンを発生できるなどの効果がある。

【0238】請求項26の発明によれば、スペーサを金属とするように構成したので、十分な剛性を確保でき、空隙長精度を高くできると同時に、その導電性を利用して放電部と非放電部とを容易に形成できる効果がある。

【0239】請求項27の発明によれば、スペーサを誘電体とするように構成したので、その非導電性を利用して放電部と非放電部とを容易に形成できる効果がある。

【0240】請求項28の発明によれば、スペーサを板状とするとように構成したので、容易に精度の高い空隙長を形成できる効果がある。

【0241】請求項29の発明によれば、スペーサを糸状とするとように構成したので、安価に任意の長さの空隙長が形成できる効果がある。

【0242】請求項30の発明によれば、スペーサが電極面の全域に分散配置されるように構成したので、均一で超短空隙長の放電空間を実現できる効果がある。

【0243】請求項31の発明によれば、オゾン発生ユニットの電極の一方の背面に該電極背面のほぼ全域にわたって弾性体を設けるように構成したので、誘電体の破壊、放電空間の空隙精度の低下を未然に防止でき、安定したオゾン発生装置が実現できる効果がある。

【0244】請求項32の発明によれば、弾性体がバネ体であるように構成したので、安価で、取り付け、交換の容易な弾性体を提供できる効果がある。

【0245】請求項33の発明によれば、弾性体を環状のバネ体として構成したので、ガス漏れを完全に防止する効果がある。

【0246】請求項34の発明によれば、環状の弾性体の一部に隙間を設けるように構成したので、外気圧が変化しても弾性体部及び誘電体部に何等のストレスも生じない効果がある。

【0247】請求項35の発明によれば、弾性体をコバルト材で構成してあるので、安価に弾性体を構成することができる効果がある。

【0248】請求項36の発明によれば、弾性体が所定の公式に従つた荷重を誘電体に印加するように構成したので、誘電体を破損することなく放電空間を一定の空隙長に保持できる効果がある。

【0249】請求項37の発明によれば、弾性体をそのバネ定数に応じて所定の公式に従つた長さだけ伸縮させ

て誘電体に所定の公式に従った荷重を印加するように構成したので、誘電体を破損することなく放電空間を一定の空隙長に保持できる効果がある。

【0250】請求項38の発明によれば、弾性体を耐オゾン性を有する素材により構成したので、耐久性の高いオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0251】請求項39の発明によれば、弾性体の一部または全部の表面にフッ素樹脂を塗布するように構成したので、耐オゾン性が高く耐久性の高いオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0252】請求項40の発明によれば、弾性体を全体としてフッ素樹脂により構成したので、耐オゾン性が高く耐久性の高いオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0253】請求項41の発明によれば、弾性体としてエチレンプロピレンゴムを用いるように構成したので、耐オゾン性が高く耐久性の高いオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0254】請求項42の発明によれば、電極と弾性体とをモールド加工により形成するように構成したので、上記請求項29～39及び41の発明の効果の他に、弾性体部分でのガス漏れが防止できるなどの効果がある。

【0255】請求項43の発明によれば、弾性体を同電位の電極により囲繞するように構成したので、弾性体内に電界が発生せず、ボイド放電が発生して素材が劣化する効果がない効果がある。

【0256】請求項44の発明によれば、弾性体が複数のオゾン発生ユニット間に1個の割合で間挿されるように構成したので、誘電体の破壊、放電空間の空隙精度の低下を未然に防止できると共に、部品点数を減らしてコストを削減できるなどの効果がある。

【0257】請求項45の発明によれば、オゾン発生ユニットのそれぞれの位置を支持柱により設定するように構成したので、各オゾン発生ユニットの電極設置の位置決めが容易で、メンテナンスも短時間で行うことができるなどの効果がある。

【0258】請求項46の発明によれば、支持柱を籠形に構成したので、オゾン発生ユニットの各構成部品の位置決めをより容易にかつ安価に行うことができる効果がある。

【0259】請求項47の発明によれば、弾性体によりオゾン発生ユニットを加圧せしめるように構成したので、放電空間が安定して支持され、誘電体の破壊、放電空間の空隙精度の低下を未然に防止できるなどの効果がある。

【0260】請求項48の発明によれば、オゾン発生ユニットの電極の少なくとも一方に隣接して冷媒を通流させるための冷媒通流機構を配置するように構成したので、オゾン発生ユニットをオゾン発生装置の本体から取り外した状態で組み立てることができ、組み立て作業が容易で本体内の水漏れの危険性が少ないなどの効果があ

る。

【0261】請求項49の発明によれば、オゾン発生ユニットの電極の少なくとも一方が、該オゾン発生ユニットを積層したときに隣り合って積層されたオゾン発生ユニットの電極とともに、前記オゾン発生ユニットの電極間及び隣り合って積層されたオゾン発生ユニットのみに前記ガスを流动させる密閉空間を形成するように構成したので、オゾン発生ユニットを積層して多段のオゾン発生装置を構成するときに該オゾン発生ユニットを収納してオゾン化するガスのガス流路を形成するための容器を必要とせず、オゾン発生ユニットを単に積層したのみで多段のオゾン発生装置を構成できる等の効果がある。

【0262】請求項50の発明によれば、オゾン発生ユニットを収納する容器を設け、該容器に該容器を摺動させる摺動手段を設けて構成したので、オゾン発生ユニットの組立時、点検時、交換時等の各作業が容易になる等の効果がある。

【0263】請求項51の発明によれば、非放電部を互い違いに交差した2組の歯状に設けるように構成したので、ガスが該非放電部に沿って均一に流れ、効率よくオゾンを発生できるなどの効果がある。

【0264】請求項52の発明によれば、電極中に冷却水を流通させる水路を形成するように構成したので、電極の温度上昇を効率的に防止でき、効率的にオゾンを発生することができる。また、安価で軽量の冷却能力の高い金属電極を用いることができる等の効果がある。

【0265】請求項53の発明によれば、水路の一部の断面積を小さく形成するように構成したので、複数の電極に並列に冷却水を流しても一部の電極のみに大量の冷却水が流れることなく、各電極間に流れる冷却水の量が均一化され、冷却能力のばらつきのない安定したオゾン発生装置が得られる効果がある。

【0266】請求項54の発明によれば、水路の一部に気泡を除去するバイパスを設けるように構成したので、気泡が発生してもすぐ除去され、該気泡による冷却能力の劣化が生じない等の効果がある。

【0267】請求項55の発明によれば、電極に移動手段を設けるように構成したので、電極間に誘電体を挿入又は撤去する際に、その各作業を容易に行うことができ、作業中の誘電体の破損を防止できる等の効果がある。

【0268】請求項56の発明によれば、電極に誘電体の位置決め手段を設けるように構成したので、電極間に誘電体を挟み込むのみで容易に高い位置精度を得ることができる効果が得られる。

【0269】請求項57の発明によれば、電極に凹部を設け、スペーサーの一部に該凹部への嵌合部を形成するように構成したので、複数のオゾン発生ユニットを水平方向に積層する場合にも容易に電極間にスペーサを取り付けることができる効果が得られる。

【0270】請求項58の発明によれば、熱伝導率の低い金属板で熱伝導率の高い金属を挟持して電極を構成したので、冷却水の水路の容積を小さく設定でき、従って厚みの薄い熱伝導率の低い金属板を用いることができ、除熱効率を高くできる。また、放電空間の空隙長の精度を高くすることができる等の効果が得られる。

【0271】請求項59の発明によれば、電極の一方で他方を収納する空間を形成し、収納された電極に給電端子から給電するように構成したので、形状のコンパクトなオゾン発生装置が得られる効果が得られる。

【0272】請求項60の発明によれば、電極の背面のスペーサに設置位置に対応する位置に弾性体を設けるよう構成したので、弾性体の圧力により誘電体が破損される恐れがないという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1を示す断面図である。

【図2】この発明の実施例1の誘電体電極を示す平面図である。

【図3】この発明の実施例1のストレス緩衝板を示す平面図である。

【図4】空隙長とオゾン発生効率の関係を示すグラフ図である。

【図5】投入エネルギーとオゾン濃度との関係を示すグラフ図である。

【図6】オゾン生成速度とオゾン解離反応速度との比kとガス圧力pと放電空隙長dとの積pdとの関係を示すグラフ図である。

【図7】電子エネルギー分布を換算電界の関数として示すグラフ図である。

【図8】酸素と窒素の分率比が1対4である空気原料ガスに用いた場合のオゾン発生特性を示すグラフ図である。

【図9】図8の結果を放電空隙長dとガス圧力pとの積pdでまとめた結果を示すグラフ図である。

【図10】この発明の実施例1の放射状金属スペーサを示す平面図である。

【図11】非放電部の面積と放電部の面積の比を変化させたときのオゾン発生効率の変化を示したグラフ図である。

【図12】非放電部の面積と放電部の面積の比を変化させたときのオゾン発生効率の変化を放電空間の空隙長毎に示したグラフ図である。

【図13】この発明の実施例2を示す断面図である。

【図14】この発明の実施例3を示す断面図である。

【図15】図9の実施例3の電極に印加する電圧の波形を示す波形図である。

【図16】この発明の実施例4の糸状スペーサを示す平面図である。

【図17】この発明の実施例5の飛び石状金属スペーサを示す平面図である。

【図18】この発明の実施例6の渦巻き状金属スペーサを示す平面図である。

【図19】この発明の実施例7の導電層設置位置を示す平面図である。

【図20】この発明の実施例8の削り込み接地電極を示す平面図である。

【図21】この発明の実施例11のデボ型誘電体電極を示す平面図である。

【図22】この発明の実施例12の嵌合型電極構造を示す断面図である。

【図23】この発明の実施例13の一体化した電極構造を示す断面図である。

【図24】この発明の実施例13の一体化した電極の改良型を示す断面図である。

【図25】この発明の実施例14のモールド型緩衝板を示す断面図である。

【図26】この発明の実施例15のストレス緩衝部材を示す断面図である。

【図27】この発明の実施例17のストレス緩衝部材を示す断面図である。

【図28】この発明の実施例18のストレス緩衝部材を示す断面図である。

【図29】この発明の実施例19のストレス緩衝部材を示す断面図である。

【図30】この発明の実施例21の接地電極を示す断面図である。

【図31】この発明の実施例22の接地電極を示す断面図である。

【図32】この発明の実施例23のオゾン発生ユニット群に1個のストレス緩衝板を設置した状態を示す断面図である。

【図33】この発明の実施例24のガス流逆転状態を示す断面図である。

【図34】この発明の実施例25の横積層型大容量オゾン発生装置を示す断面図及び正面図である。

【図35】この発明の実施例26の大容量オゾン発生装置を示す一部切り欠き側面図、左方向からみた透視図及び右正面図である。

【図36】この発明の実施例27の接地電極の上半分切り欠き平面図及び側面図である。

【図37】この発明の実施例28の接地電極の上半分切り欠き平面図及び側面図である。

【図38】この発明の実施例29の接地電極にスペーサを懸下した状態を示す平面図及び側面図である。

【図39】この発明の実施例30の縦積層型大容量オゾン発生装置を示す正面図及び断面図である。

【図40】この発明の実施例31の籠形支持柱を示す斜視図である。

【図41】この発明の実施例32の積層型大容量オゾン発生装置における冷却水配管を示す平面図及び側面図

である。

【図42】 この発明の実施例33のオゾン発生装置を示す断面図である。

【図43】 この発明の実施例34のオゾン発生装置を示す一部省略正面透視図及び断面図である。

【図44】 この発明の実施例35のオゾン発生装置を示す一部省略正面透視図及び断面図である。

【図45】 この発明の実施例36を示す平面図及び断面図である。

【図46】 この発明の実施例37のオゾン発生装置を示す横断面図である。

【図47】 従来のオゾン発生装置を示す断面図及び正面図である。

【図48】 従来の他のオゾン発生装置を示す断面図及び正面図である。

【図49】 従来のオゾン発生装置のオゾン発生特性の一例を示すグラフ図である。

【図50】 従来のオゾン発生装置のオゾン発生特性の他の例を示すグラフ図である。

【図51】 従来のオゾン発生装置のオゾン発生特性の他の例を示すグラフ図である。

【図52】 放電空隙長に対するオゾン発生効率の一例を示すグラフ図である。

10

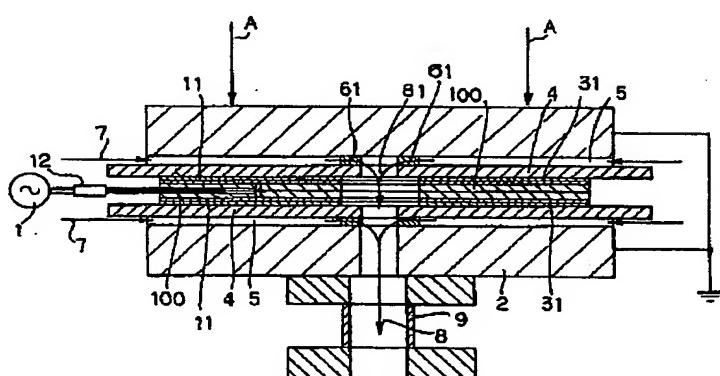
20

0

【符号の説明】

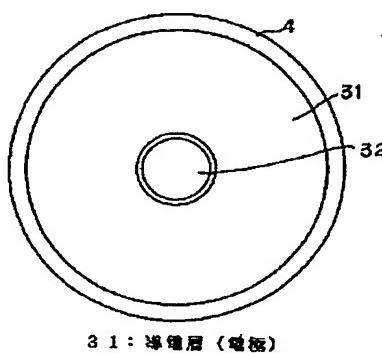
- 2 接地電極（金属電極）、3 高圧電極、4 セラミックス板（誘電体）、5 放電空間、6, 61 スペーサ、9 ガス排出管（ガス供給機構）、10 オゾン発生ユニット、10A 孔（隙間）、21 電極切削部（凹部）、22 電極母材表面（凸部）、23 空洞（水路）、24 上板（電極）、25 ステンレス板（金属板）、26 円環部材（金属）、31 導電層（電極）、32 穴（ガス供給機構）、44 誘電体のエッチング部（凹部）、71 ガス供給口（ガス供給機構）、72 ガス排出口（ガス供給機構）、100, 1002 ストレス緩衝板（弾性体）、101 開口部（ガス供給機構）、120 金属環（弾性体）、200 圧力容器（容器）、212 金属配管（冷媒流通機構）、213 配管用ジョイント（冷媒流通機構）、214 配管（冷媒流通機構）、220 給電端子、240 支持柱、241 箇形支持柱、310 ガイドローラ（摺動手段）、320 押さえバネ（弾性体）、340 ガス供給室（密閉空間）、410 ベアリング（移動手段）、420 位置決め板（位置決め手段）、421 位置固定用溝（凹部）、422 爪部（嵌合部）、510 冷却水供給口、513 細孔（バイパス）。

【図1】



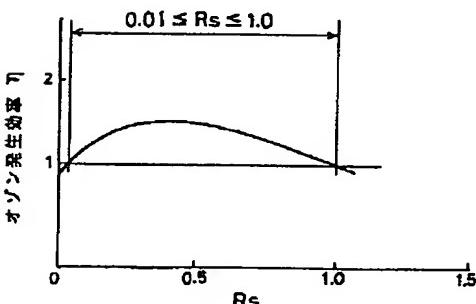
2 : 接地電極（金属電極） 31 : 導電層（電極）
4 : セラミックス板（誘電体） 61 : スペーサ
5 : 放電空間 100 : ストレス緩衝板（弾性体）
9 : ガス排出管（ガス供給機構）

【図2】

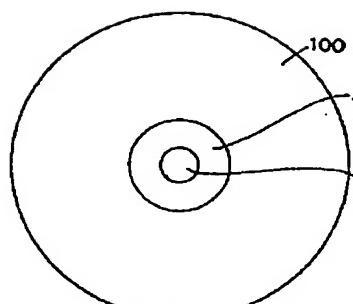


31 : 導電層（電極）
32 : 穴（ガス供給機構）

【図11】

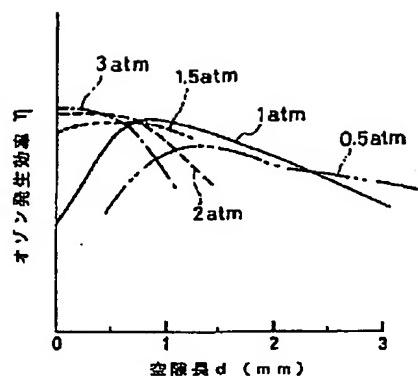


【図3】

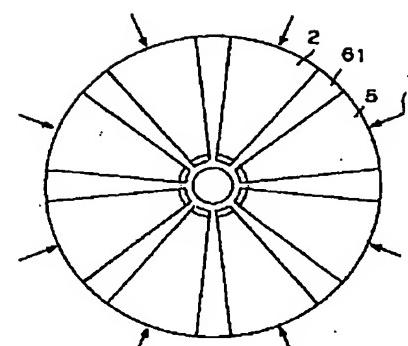


101：開口部（ガス供給機構）

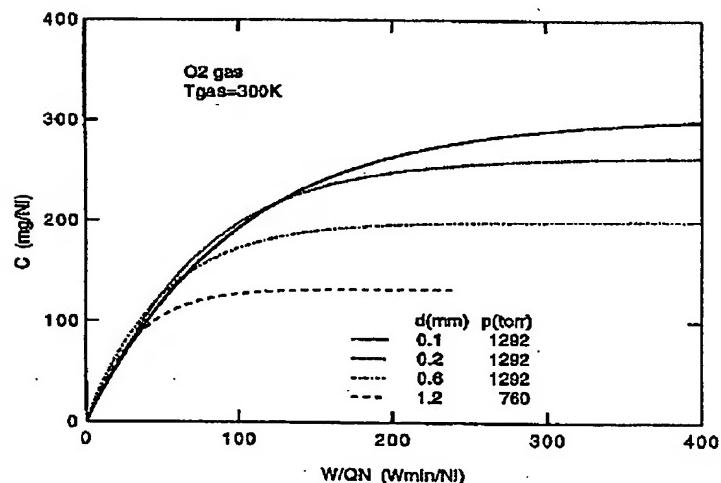
【図4】



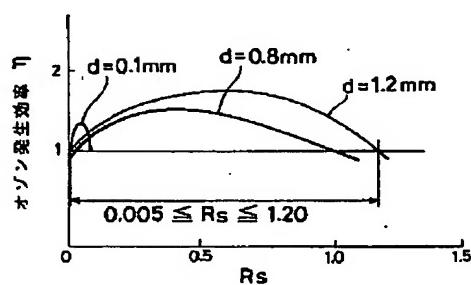
【図10】



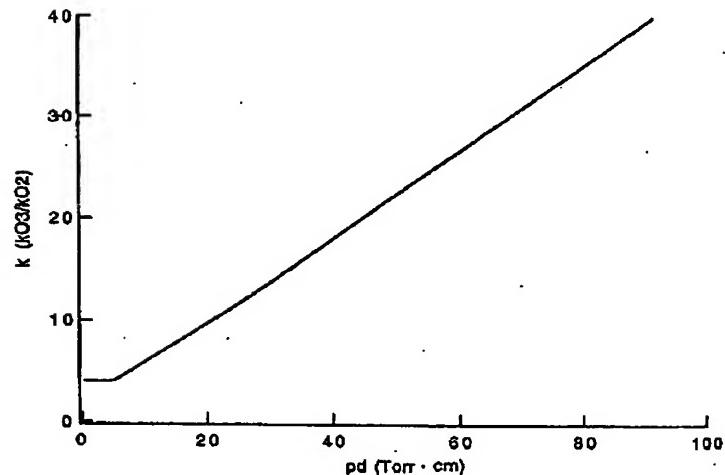
【図5】



【図12】

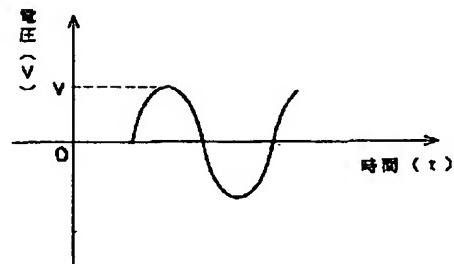


【図6】

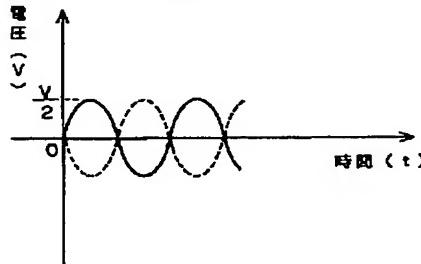


【図15】

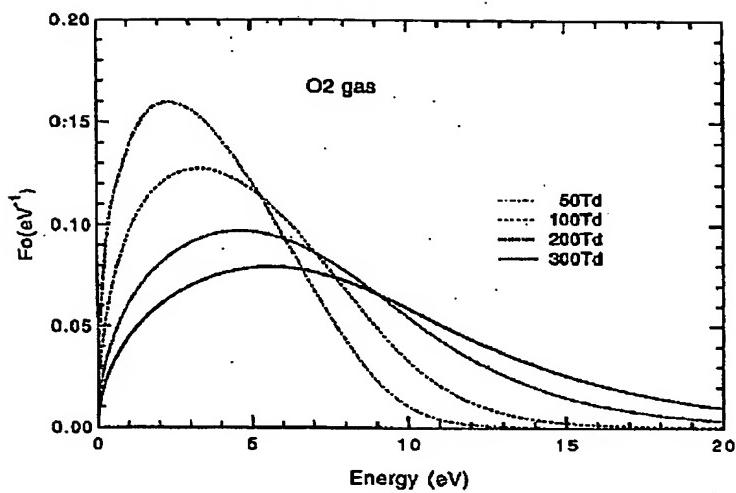
(1)



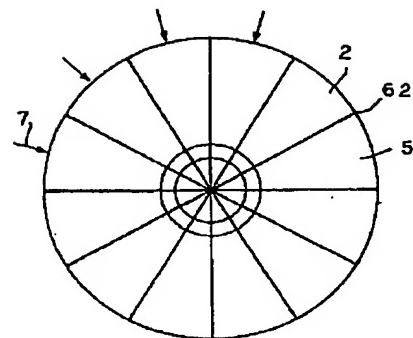
(2)



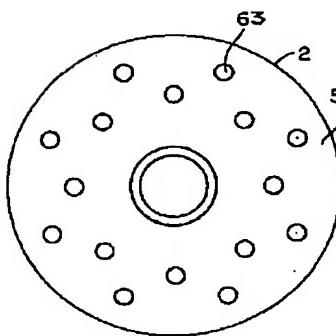
【図7】



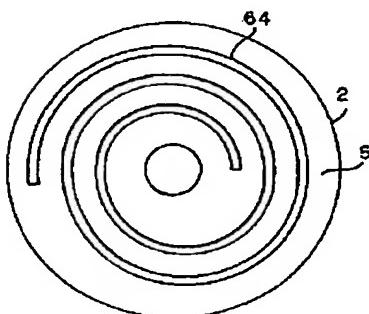
【図16】



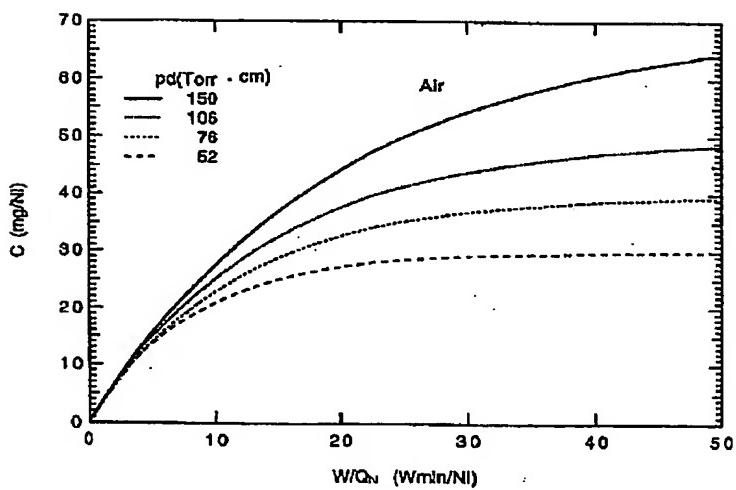
【図17】



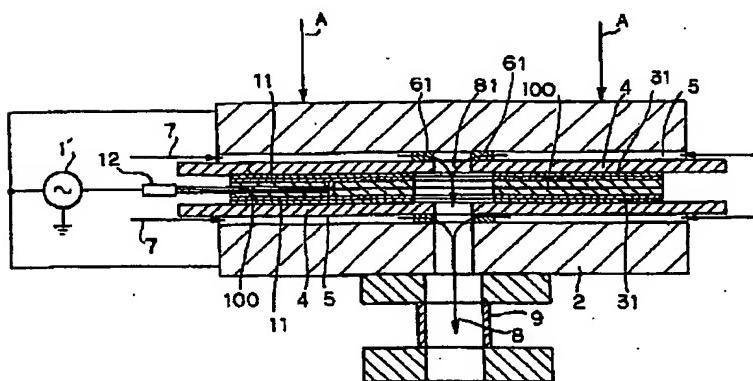
【図18】



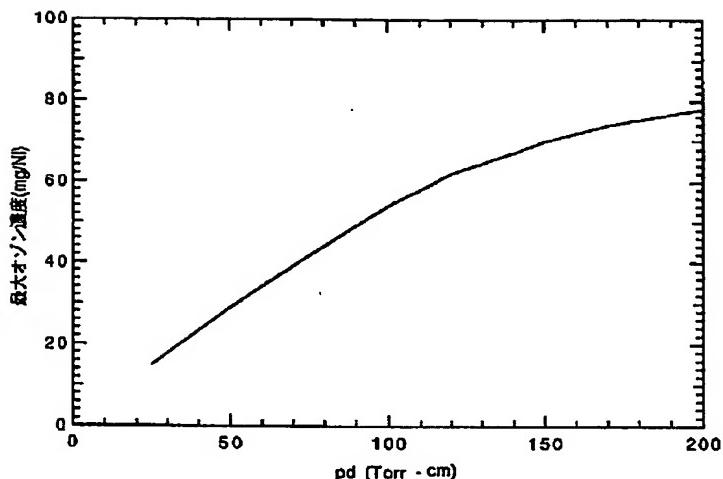
【図8】



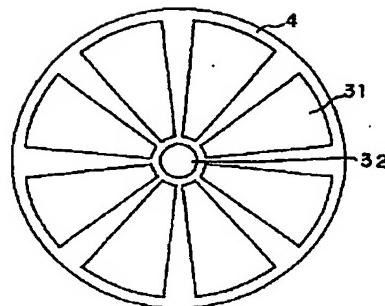
【図14】



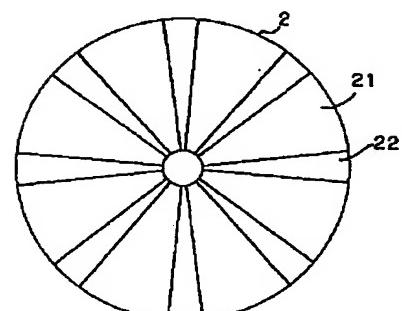
【図9】



【図19】

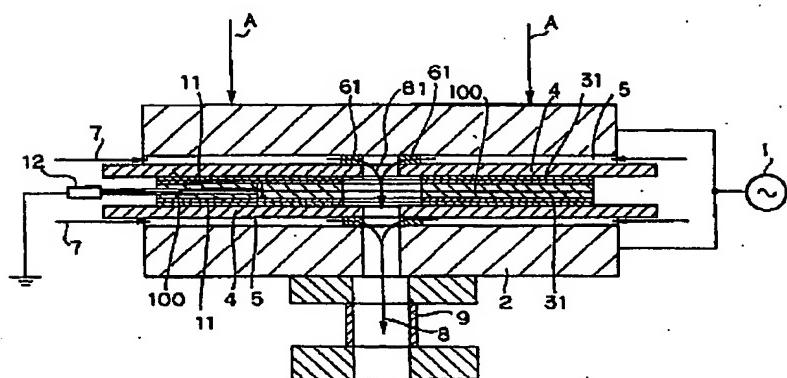


【図20】

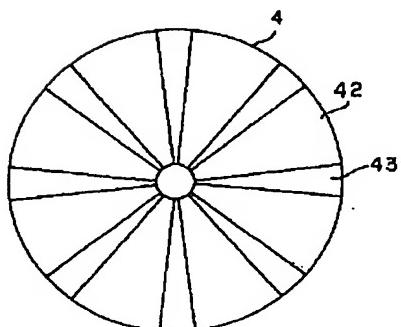


21：電極切削部（凹部）
22：電極母材表面（凸部）

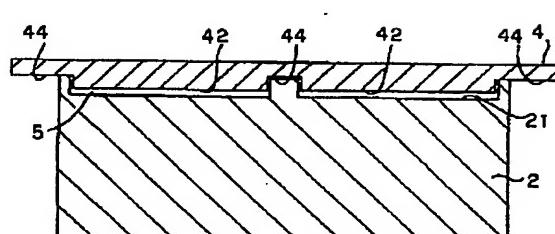
【図13】



【図21】

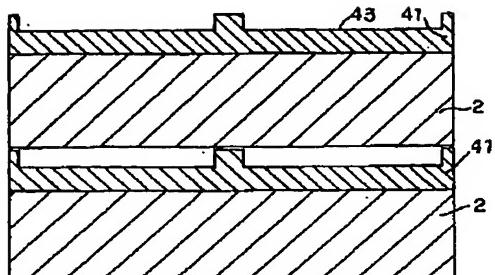


【図22】

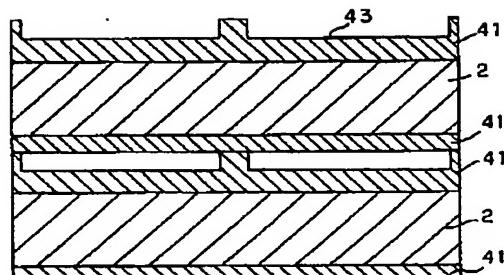


44：誘電体のエッティング部（凹部）

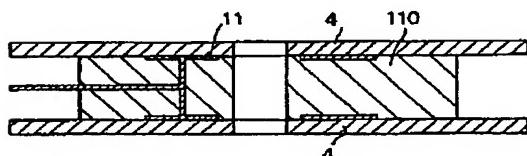
【図23】



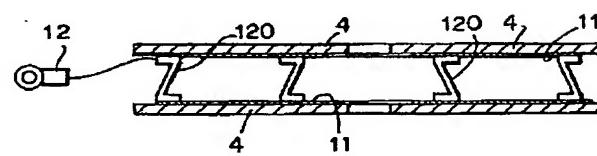
【図24】



【図25】

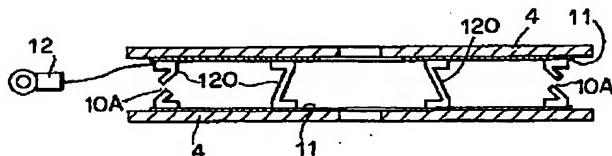


【図26】



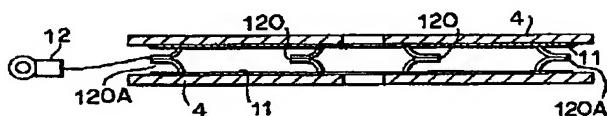
120：金属環（弾性体）

【図27】

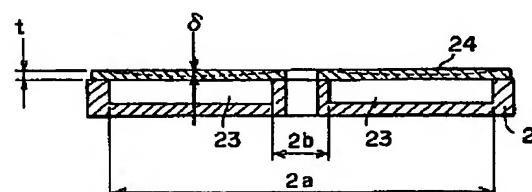
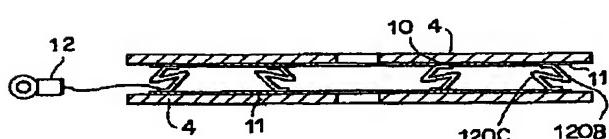


10A：孔（隙間）

【図28】



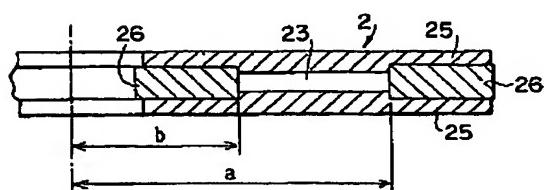
【図30】

23：空洞（水路）
24：上板（電板）

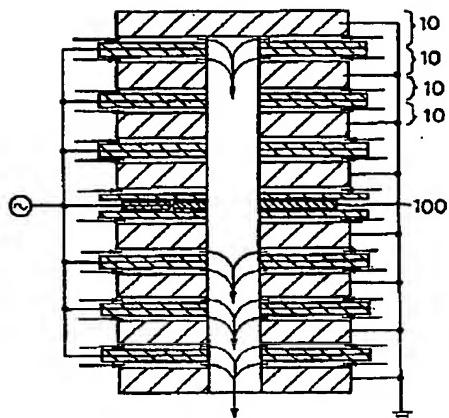
【図31】

25：ステンレス板（金属板）

26：円筒部材（金属）

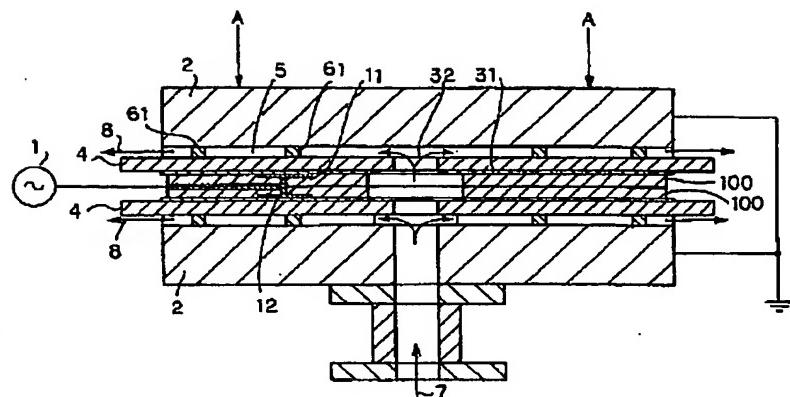


[図32]



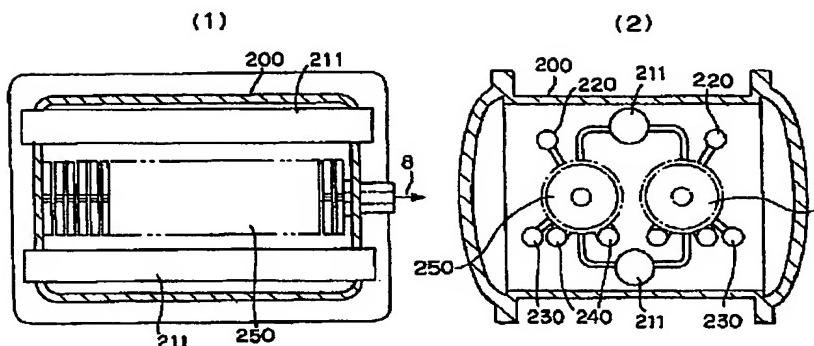
10：オゾン発生ユニット

【图33】



[图46]

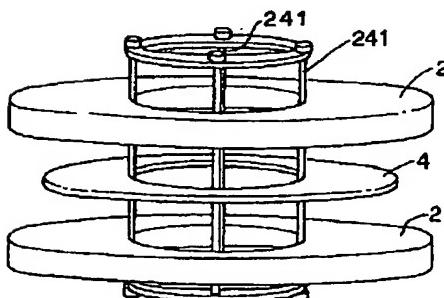
[図3-4]



200：压力容器（容器）

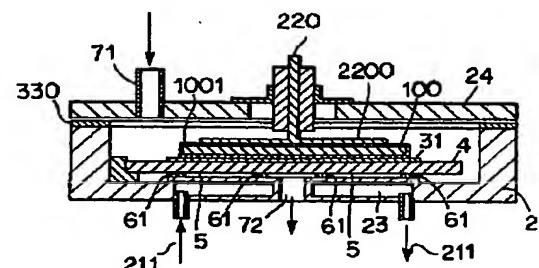
240：支柱

【図40】



241：繩形支持柱

【图42】

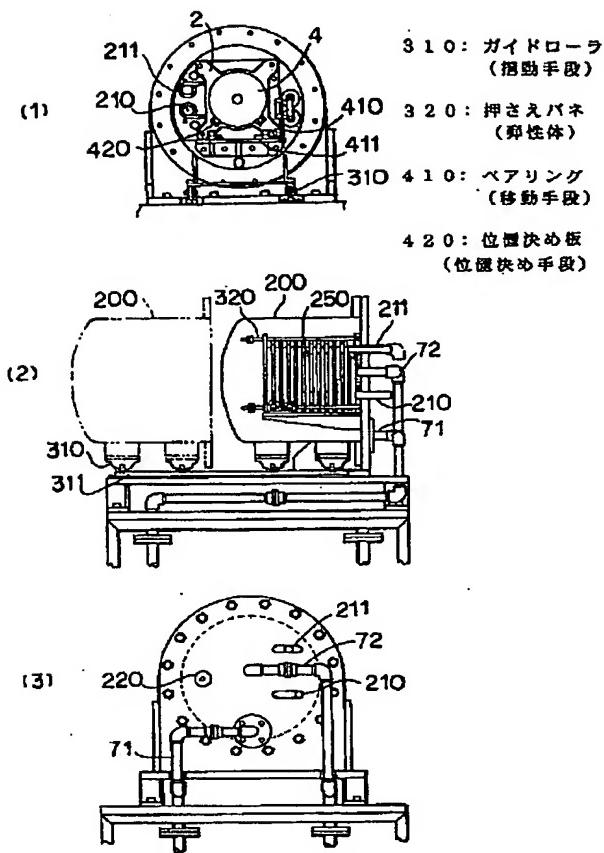


7.1：ガス供給口（ガス供給機器）

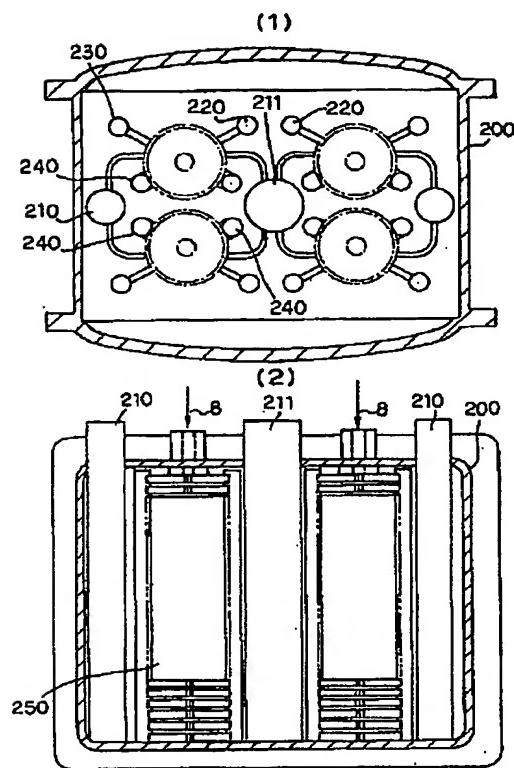
7-2: ガス排出口 (ガス供給機構)

220 : 給電端子

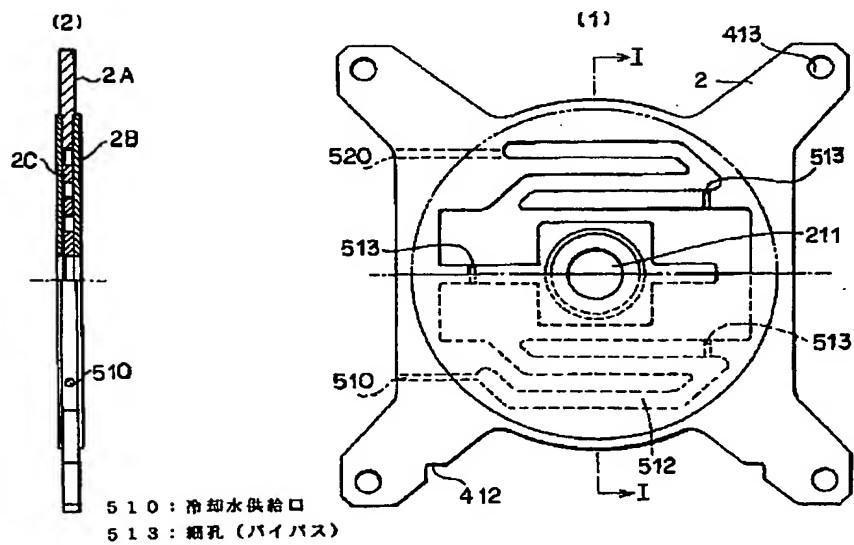
【図35】



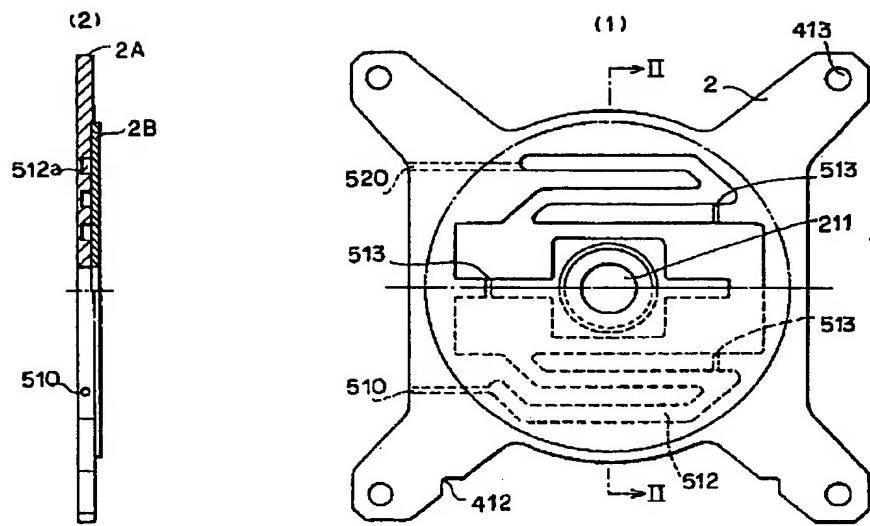
【図39】



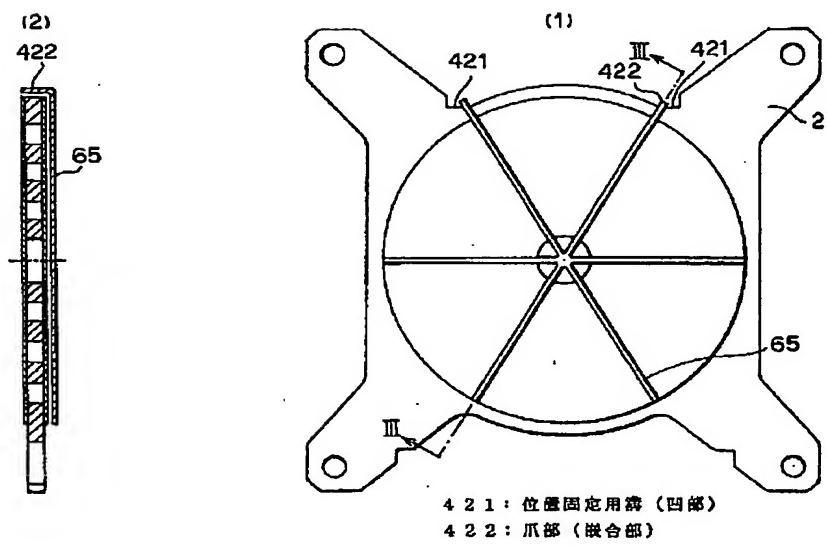
【図36】



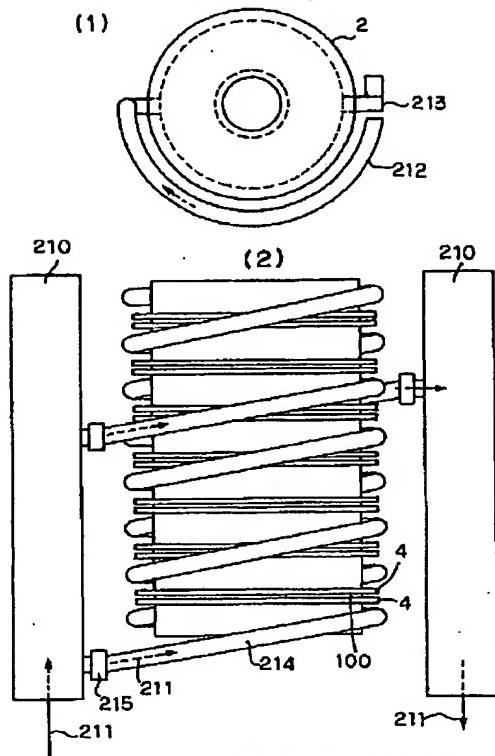
【図37】



【図38】

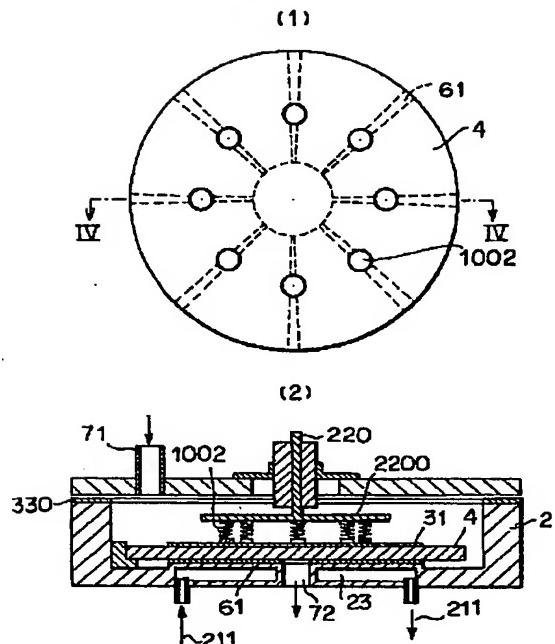


【図41】



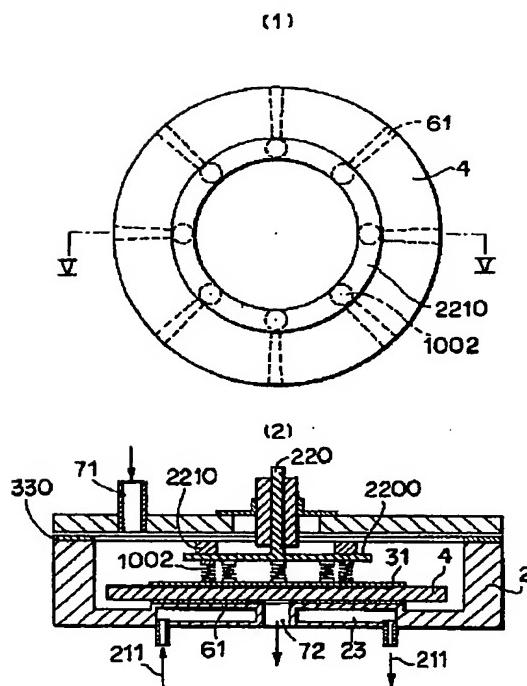
212: 金管配管（冷媒流通機構）
213: 配管用ジョイント（冷媒流通機構）
214: 配管（冷媒流通機構）

【図43】

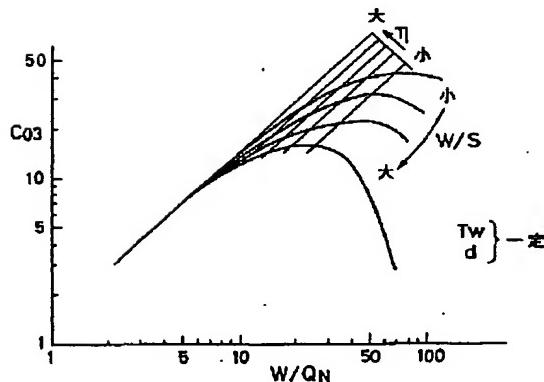


1002: ストレス緩衝板（弾性体）

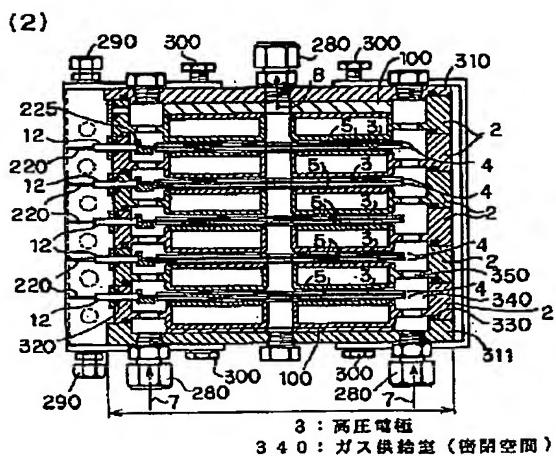
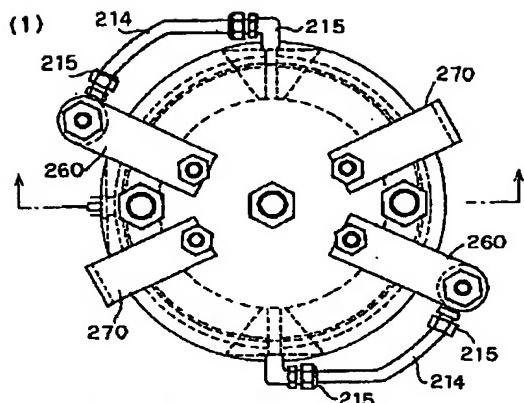
【図44】



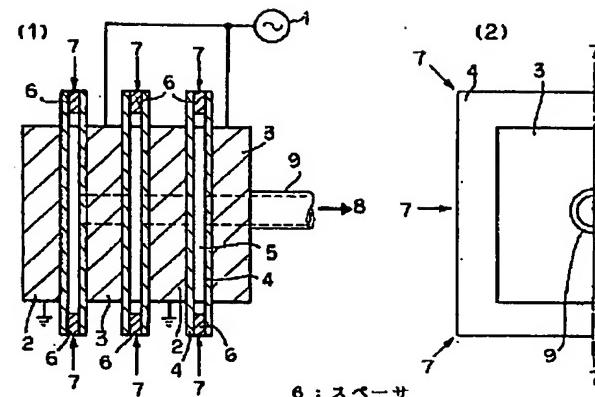
【図50】



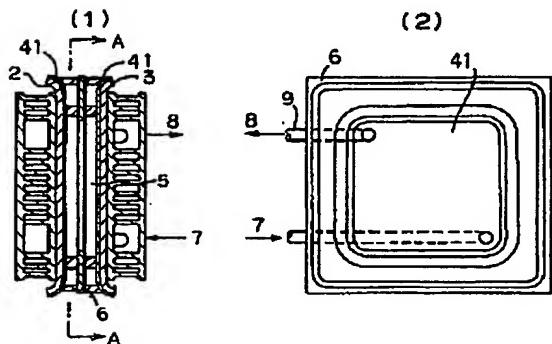
【図45】



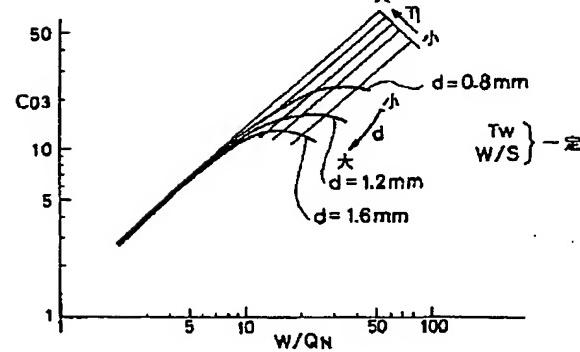
【図47】



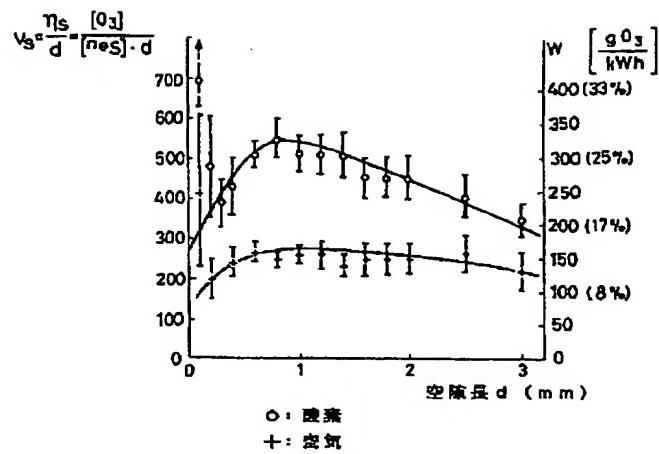
【図48】



【図51】



【図52】



フロントページの続き

(72) 発明者 吉沢 憲治

尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社中央研究所内

(72) 発明者 向井 正啓

尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社生産技術センター内

(72) 発明者 越智 順二

尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機
株式会社生産技術センター内

(72) 発明者 小沢 建樹

神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番2号 三
菱電機株式会社制御製作所内